

Школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии
 Отделение школы (НОЦ) информационных технологий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Распознавание таблиц на изображениях документов методами машинного зрения УДК 004.932.75'1:004.932.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И7А	Толпикин Никита Валерьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Цапко И.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Аверкиев А.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Цапко И.В.	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной форме на государственном и иностранном (-ых) языке
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этническом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течении сей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Владеет широкой общей подготовкой (базовыми знаниями) для решения практических задач в области информационных систем и технологий
ОПК(У)-2	Способен использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-3	Способен применять основные приемы и законы создания и чтения чертежей и документации по аппаратным и программным компонентам информационных систем
ОПК(У)-4	Понимает сущность и значения информации в развитии современного информационного общества, соблюдает основные требования к информационной безопасности, в том числе защите государственной тайны
ОПК(У)-5	Способен использовать современные компьютерные технологии поиска информации для решения поставленной задачи, критического анализа этой информации и обоснования принятых идей и подходов к решению
ОПК(У)-6	Способен выбирать и оценивать способ реализации информационных систем и устройств (программно-, аппаратно- или программно-аппаратно-) для решения поставленной задачи
Профессиональные компетенции	

ПК(У)-11	Способен к проектированию базовых и прикладных информационных технологий
ПК(У)-12	Способен разрабатывать средства реализации информационных технологий (методические, информационные, математические, алгоритмические, технические и программные)
ПК(У)-13	Способен разрабатывать средства автоматизированного проектирования информационных технологий
ПК(У)-14	Способен использовать знание основных закономерностей функционирования биосферы и принципов рационального природопользования для решения задач профессиональной деятельности
ДПК(У)-1	Способен использовать технологии разработки объектов профессиональной деятельности в бизнесе и осуществлять все виды деятельности в условиях экономики информационного общества.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии
 Отделение школы (НОЦ) информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Цапко И.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8И7А	Толпикину Никите Валерьевичу

Тема работы:

Распознавание таблиц на изображениях документов методами машинного зрения	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№36-82/с от 05.02.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<i>Работа направлена на создание программного обеспечения по распознаванию таблиц на изображениях документов</i>
---------------------------------	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<ul style="list-style-type: none"> - изучение методов распознавания таблиц на изображениях документов и обзор научных работ по теме - выбор инструментов реализации программного обеспечения - реализация прототипа программного обеспечения по распознаванию таблиц на изображениях документов - тестирование, оценка точности распознавания программного обеспечения, анализ результатов - финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение - социальная ответственность
<p>Перечень графического материала</p>	<p>Презентация в формате *.pptx</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Маланина Вероника Анатольевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Аверкиев Алексей Анатольевич</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>28.01.2021</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент ОИТ</p>	<p>Цапко И.В.</p>	<p>к.т.н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>8И7А</p>	<p>Толпикин Никита Валерьевич</p>		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии
 Уровень образования бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) информационных технологий
 Период выполнения весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
28.05.2021	<i>Основная часть</i>	75
31.05.2021	<i>Финансовый менеджмент</i>	15
01.06.2021	<i>Социальная ответственность</i>	10

**СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Цапко И.В.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Цапко И.В.	К.Т.Н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8И7А	Толпикин Никита Валерьевич

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя (доцент, кандидат технических наук): 33 664 руб. Оклад студента (ассистент, без степени): 21 760 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент - 0,3 Коэффициент доплат и надбавок – 0,2 Районный коэффициент – 1,3 Коэффициент дополнительной заработной платы – 0,12 Коэффициент накладных расходов – 0,16
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления в пенсионный фонд – 22% Отчисления в фонд обязательного медицинского страхования – 5,1% Отчисления в страховой фонд – 2,9% Ставка по травматизму – 0,2%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Потенциальные потребители результатов исследования Анализ конкурентных технических решений QиаD-анализ, SWOT- анализ Определение возможных альтернатив проведения исследования
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: -материальные затраты; -затраты на специальное оборудование; -заработная плата (основная и дополнительная); -отчисления во внебюджетные фонды; -накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение сравнительной эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка сравнительной эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	28.01.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И7А	Толпикин Никита Валерьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8И7А	Толпикин Никита Валерьевич

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

Тема ВКР:

Распознавание таблиц на изображениях документов методами машинного зрения	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p><i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i></p>	<p><i>Объект исследования: разработка программного обеспечения по распознаванию таблиц на изображениях документов</i></p> <p><i>Область применения: программное обеспечение может применяться как часть других информационных систем или сервисов</i></p> <p><i>Рабочая зона: офисное помещение, рабочее место оператора персонального компьютера</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. 2. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021) 3. МР 2.2.9.2311-07. 2.2.9. Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности. 4. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отклонение показателей микроклимата в помещении - недостаточная освещенность рабочей зоны - перенапряжение зрительного анализатора - повышенный уровень электромагнитных излучений <p>Опасные факторы:</p>

	- опасность поражения электрическим током
3. Экологическая безопасность:	<i>Литосфера: загрязнение почвы твердыми техническими отходами (бумага, комплектующие офисной техники, люминесцентные лампы)</i>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>Возможные ЧС: взрыв, пожар, обрушение помещений, наводнение, ураган, буря, эпидемия, пандемия, терроризм Наиболее типичная ЧС: пожар</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	28.01.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Аверкиев А.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И7А	Толпикин Никита Валерьевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 80 страниц, 12 рисунков, 23 таблицы, 34 формулы, 15 источников, 2 приложений.

Ключевые слова: распознавание документов, компьютерное зрение, программный модуль, обработка изображений, распознавание таблиц.

Объект исследования – процесс оцифровки таблиц с изображений и сканов документов с различными шаблонами.

Цель работы – создание программного обеспечения по распознаванию таблиц на изображениях документов и оценка его точности.

В процессе исследования был проведен обзор научных работ по теме, изучены методы компьютерной обработки изображений и методы оценки точности распознавания. В ходе работы был рассмотрен существующий подход к решению задачи оцифровки таблиц с помощью компьютерного зрения. Также была сформирована и размечена выборка реальных сканов и фотографий документов для оценки точности работы реализованного алгоритма.

В результате исследования было разработано и протестировано программное обеспечение по распознаванию таблиц на изображениях документов, а также оценена точность его работы.

Область применения: автоматизация бизнес-процессов, связанных с обработкой бумажной документации на предприятии.

Экономическая эффективность/значимость работы: ускорение и удешевление процесса извлечения ключевых данных из документов, представленных в виде сканов или фотографий.

В будущем планируется повысить точность распознавания путем доработки алгоритма детекции таблиц.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ПО – программное обеспечение;

ПК – персональный компьютер;

OCR – Optical Character Recognition, оптическое распознавание символов;

RPN – Region Propose Network, сеть предсказания регионов интереса;

B-box – Bounding Box, ограничивающий прямоугольник;

TEDS – Tree Edit Distance Similarity, оценка расстояния редактирования дерева;

API – Application Programming Interface, программный интерфейс приложения;

SDK – Software Development Kit, набор средств разработки;

ML – Machine Learning, машинное обучение;

ПФ – преобразование Фурье;

ДПФ – дискретное преобразование Фурье;

HTML – hypertext markup language, язык разметки гипертекста.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	16
1. ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ТАБЛИЦ.....	18
1.1. Обзор научных работ	18
1.2. Выбор технологии для распознавания текста на изображениях ...	19
2. ВЫБОР ИНСТРУМЕНТОВ РЕАЛИЗАЦИИ.....	21
2.1. Выбор языка программирования для реализации ПО.....	21
2.2. Выбор платформы для разработки ПО	21
3. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТОТИПА ПО	23
3.1. Алгоритмы предобработки изображений	23
3.2. Алгоритм детекции таблиц	25
3.3. Алгоритм разделения ячеек	26
3.4. Алгоритм поворота изображения	29
4. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ	37
4.1. Выбор метрики для оценки качества распознавания	37
4.2. Результаты распознавания.....	39
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕУСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	42
5.1. Оценка коммерческого потенциала перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	42
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	42
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений	43
5.1.3. Анализ качества и перспективности разработки по технологии QuaD	45
5.1.4. SWOT-анализ.....	46
5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	48
5.3. Планирование научно-исследовательских работ.....	49
5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования	49
5.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ	50
5.3.3. Разработка графика проведения научного исследования	52

5.3.4. Бюджет научно-технической разработки	52
5.3.4.1. Расчет материальных затрат	52
5.3.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) целей	52
5.3.4.3. Основная заработная плата исполнителей	54
5.3.4.4. Дополнительная заработная плата исполнителям.....	57
5.3.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	57
5.3.4.6. Накладные расходы	58
5.3.4.7. Формирование бюджета затрат научно- исследовательского проекта.....	59
5.4. Определение сравнительной эффективности исследования	60
6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	64
6.1. Введение.....	64
6.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	64
6.2.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	65
6.2.2. Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны..	65
6.3. Производственная безопасность.....	66
6.3.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	67
6.3.1.1. Отклонение показателей микроклимата.....	67
6.3.1.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	68
6.3.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений	68
6.3.1.4. Перенапряжение зрительных анализаторов.....	69
6.3.1.5. Опасность поражения электрическим током	70
6.3.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействий	71
6.4. Экологическая безопасность.....	72
6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	72
6.5.1. Перечень возможных ЧС.....	72
6.5.2. Меры по предупреждению и ликвидации наиболее вероятной ЧС	73

6.6. Выводы по разделу.....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	76
Приложение А	79
Приложение Б.....	80

ВВЕДЕНИЕ

С развитием информационных технологий изменился подход к ведению бизнеса - установился четкий тренд на автоматизацию процессов компаний при помощи компьютерных решений, в том числе и в сфере документации. Однако по данным компании Контур на май 2020 года [1] только 30% предприятий в РФ используют систему электронного документооборота. Это говорит нам о том, что более половины бизнесов в РФ до сих пор используют бумажную документацию как приоритетную.

Такая ситуация на рынке провоцирует множество проблем при попытке автоматизации бизнес-процессов, затрагивающих взаимодействие между контрагентами. Наиболее ярко это проявляется при обмене информацией между компаниями в виде сканов или фотографий документов. Данные документы могут быть обработаны только человеком, что становится «бутылочным горлышком» при автоматизации бизнес-процессов, приводя к расширению штата и соответственно бюджета при его масштабировании.

Для решения проблемы оцифровки бумажных документов используются технологии машинного зрения в совокупности с методами компьютерной обработки изображения. В данной работе акцент был выстроен на таблицах документа, так как ключевая информация зачастую содержится именно в них. Помимо текста, таблицы имеют связанную структуру, которую необходимо сохранить в процессе оцифровки документа.

Целью данной работы является разработка программного обеспечения по распознаванию таблиц на изображениях и оценка его точности. В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

- Изучить методы распознавания таблиц на изображении документа
- Подготовить инфраструктуру для разработки программного обеспечения

- Разработать прототип программного обеспечения для распознавания таблиц
- Оценить точность разработанного программного обеспечения

В рамках выполнения настоящей работы было проведено исследование методов распознавания таблиц на изображениях документов, разработан прототип программного обеспечения и оценено качество его работы. На входе подаются сканы или фотографии документов, на выходе пользователь получает распознанные таблицы в удобном ему цифровом формате (например, “.xlsx”). Разработанное программное обеспечение может быть использовано, как часть информационной системы или сервиса и представляет из себя программный модуль на языке Python.

1. ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ТАБЛИЦ

В общем случае задача распознавания таблиц на изображениях документов сводится к следующим подзадачам:

1. Найти таблицы на изображении документа
2. Определить структуру ячеек таблиц
3. Распознать текст в ячейках таблиц

Первый пункт списка является классической задачей машинного обучения, а именно задачей детекции объектов известных классов на изображении (object detection). В данном случае в качестве объектов выступают таблицы и их ячейки, а в качестве изображений – сканы документов. Результатом выполнения данной задачи являются координаты объектов соответствующих классов на изображении.

Определить структуру таблицы можно по координатам ячеек из прошлого пункта или алгоритмически – при помощи компьютерной обработки изображения. Во втором случае задача сводится к нахождению пересечений горизонтальных и вертикальных линий, которые и формируют ячейку таблицы.

Третий пункт представляет собой оптическое распознавание символов (OCR) – механический или электронный перевод изображений печатного или рукописного текста в текстовые данные для последующего использования в компьютерных системах.

В рамках данной работы было проведено обзорное изучение научных работ, касающихся распознавания таблиц на изображениях документов.

1.1. Обзор научных работ

Из многих научных работ, посвященных распознаванию таблиц на изображениях документов было выделено три работы, которые были использованы для реализации программного обеспечения и оценки его точности.

В первой работе «CascadeTabNet: An approach for end to end table detection and structure recognition from image-based documents» [2] описывается метод детекции и сегментации таблиц на изображениях с использованием каскадной модели нейронной сети глубокого обучения. Авторами научной работы была выложена для свободного использования предобученная модель нейронной сети, которая была использована в настоящей работе в качестве ядра детекции таблиц на изображении документа. Более подробно алгоритм ее работы рассмотрен в пункте 3.2.

В статье «Метод распознавания структуры таблицы в электронных табличных документах» [4] описан алгоритм поиска вертикальных и горизонтальных линий при помощи преобразования Хафа, а также поиск их пересечения для определения структуры таблицы. Данный алгоритм был использован в настоящей работе и более подробно описан в пункте 3.3.

В документе «Image-based table recognition: data, model, and evaluation» [5] для оценки точности распознавания таблиц была предложена метрика TEDS («Tree-Edit-Distance-Similarity»). Данная метрика объективно отражает структурное и текстовое сходство между двумя таблицами, поэтому была использована в настоящей работе. Более подробно она описана в пункте 4.1.

1.2. Выбор технологии для распознавания текста на изображениях

Следующим этапом работы стал обзор технологий оптического распознавания символов для распознавания текста в ячейках таблицы. Среди существующих технологий были выбраны для анализа:

- Google Text Recognition API
- Tesseract
- Anyline SDK
- OpenCV

Важными критериями для OCR в рамках данной работы являются: бесплатное использование, зависимость от подключения к интернету, возможность распознавать кириллицу и необходимость в обучении.

Результат анализа представлен в Таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ технологий OCR

Название	Бесплатное использование	Зависит от подключения к интернету	Распознавание кириллицы	Необходимость в обучении
Google Text Recognition API	Нет	Нет	Да	Нет
Tesseract	Да	Да	Да	Нет
Anyline SDK	Нет	Да	Да	Нет
OpenCV	Да	Да	Да	Да

В результате сравнительного анализа был выбран Tesseract как основная технология распознавания текста. Он распространяется бесплатно, не зависит от подключения к интернету и поставляется с предобученными наборами шрифтов, в том числе включающими кириллицу.

2. ВЫБОР ИНСТРУМЕНТОВ РЕАЛИЗАЦИИ

2.1. Выбор языка программирования для реализации ПО

Для реализации программных решений в сфере машинного обучения используются следующие языки программирования (список представлен в порядке убывания количества ML-проектов на GitHub):

1. Python
2. C++
3. JavaScript
4. Java
5. C#
6. Julia
7. Shell
8. R
9. TypeScript
10. Scala

Из всех вышеперечисленных языков был выбран Python, так как он обладает следующими достоинствами:

- Простой синтаксис - не нужно тратить время на его понимание, а сосредоточиться на реализации программного обеспечения
- Активное сообщество – проще находить решение в случае возникновения ошибок
- Большое количество готовых решений в области машинного обучения и обработки изображений

К недостаткам языка относят низкую скорость выполнения кода, однако в настоящей работе скорость не является ключевым фактором.

2.2. Выбор платформы для разработки ПО

Для проектов на Python, связанных с машинным обучением существует платформа от Google, предоставляющая бесплатный доступ к облачным

вычислениям для создания прототипов решений и проведения экспериментов с нейронными сетями – Google Colaboratory.

Основными достоинствами данной платформы являются:

- Доступ к облачным вычислениям – код будет выполняться на распределенных мощностях серверов Google. Среду выполнения можно настроить для использования графической карты для ускорения вычислений
- Среда выполнения – содержит множество предустановленных библиотек для машинного обучения, в том числе tensorflow и pytorch
- Платформа доступна из любого места - достаточно иметь аккаунт Google
- Работа с кодом происходит с применением технологии Jupyter Notebook, которая позволяет сохранять значения локальных переменных в оперативной памяти. Это значительно упрощает анализ данных и отладку кода

К недостаткам относится то, что каждые 24 часа все настройки среды сбрасываются, включая результирующие файлы. Однако это проблема легко решается путем подключения к среде выполнения хранилища Google Drive и сохранения всех важных файлов сразу в него.

Единственной альтернативой платформы Google Colaboratory является разработка ПО на локальной станции. В таком случае устанавливать все необходимые библиотеки нужно вручную. Это зачастую сопряжено с проблемами совместимости, на решение которых уходит много времени.

К тому же, разработанное ПО будет работать гораздо медленнее, чем в Google Colaboratory, в виду ограничений hardware-части локальной машины. Это замедлит процесс тестирования и отладки ПО.

3. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТОТИПА ПО

В рамках настоящей работы был разработан модуль на языке Python, главная функция которого реализует распознавание таблиц на изображении документа. На вход подается путь до изображения документа, путь до папки, в которую нужно положить результат распознавания и формат результирующих файлов («.xlsx», «html», «xml»). Работа функции состоит из следующих шагов:

1. Предобработка изображения
2. Детекция таблиц на изображении
3. Разделение таблицы на ячейки
4. Распознавание текста в ячейках
5. Преобразование таблиц в необходимый формат

В качестве ядра распознавания текста была выбрана технология OCR Tesseract. Она поставляется вместе с наборами шрифтов, в том числе и кириллицей, поэтому обучать ее не нужно. Для интеграции с языком Python использовалась библиотека Pytesseract.

Для преобразования таблиц в необходимый формат использовались библиотеки xml и pandas. HTML разметка таблицы заполнялась вручную встроенными методами по работе со строками в Python.

Остальные пункты более подробно описаны ниже.

3.1. Алгоритмы предобработки изображений

В настоящей работе были использованы следующие алгоритмы предобработки изображений для избавления от шумов и выделения темных участков изображения:

- Бинаризация изображений по пороговому значению (заданному и адаптивному)
- Морфологическое наращивание
- Морфологическая эрозия

Для бинаризации изображения по пороговому значению изображение представляется в градациях серого. Далее для каждого пикселя изображения вычисляется его яркость по Формула 1:

$$x = \begin{cases} 1, & \text{если } x \geq thresh \\ 0, & \text{если } x < thresh \end{cases} \quad (1)$$

, где x – значение яркости пикселя,

$thresh$ – порог бинаризации.

Последний параметр может быть задан вручную, либо адаптивно выбран как среднее значение яркости соседних пикселей.

Операция морфологического наращивания бинарного изображения A структурным элементом B задается Формулой 2:

$$A \oplus B = \bigcup_{b \in B} A_b, \quad (2)$$

и представляет собой применение операции логического «или» в окрестности каждого пикселя изображения, заданной структурным элементом B . В данной работе в качестве структурного элемента выступает квадратная матрица, заполненная единицами. Для выделения темных участков изображения, входное бинарное изображение инвертируется при помощи применения логической операции «не».

Операция морфологической эрозии бинарного изображения A структурным элементом B задается Формулой 3:

$$A \ominus B = \{z \in A | B_z \subseteq A\}, \quad (3)$$

и представляет собой применение операции логического «и» в окрестности каждого пикселя изображения, заданной структурным элементом B . Результат применения операции логического «и» записывается в пиксель, являющийся на данный момент центром структурного элемента. В результате применения эрозии все объекты, которые меньше структурного элемента исчезают с результирующего изображения.

Данные операции (кроме эрозии) применяются перед распознаванием изображения в порядке их описания. Также они применяются при последующей обработке каждого отдельного изображения таблицы. Для

реализации данных алгоритмов на языке Python была использована библиотека OpenCV.

3.2. Алгоритм детекции таблиц

Как было описано выше в пункте 1.1 в качестве ядра детекции таблиц на изображении документа была использована предобученная модель каскадной нейронной сети CascadeTabNet. Исходный код модели был взят из одноименного репозитория на GitHub.

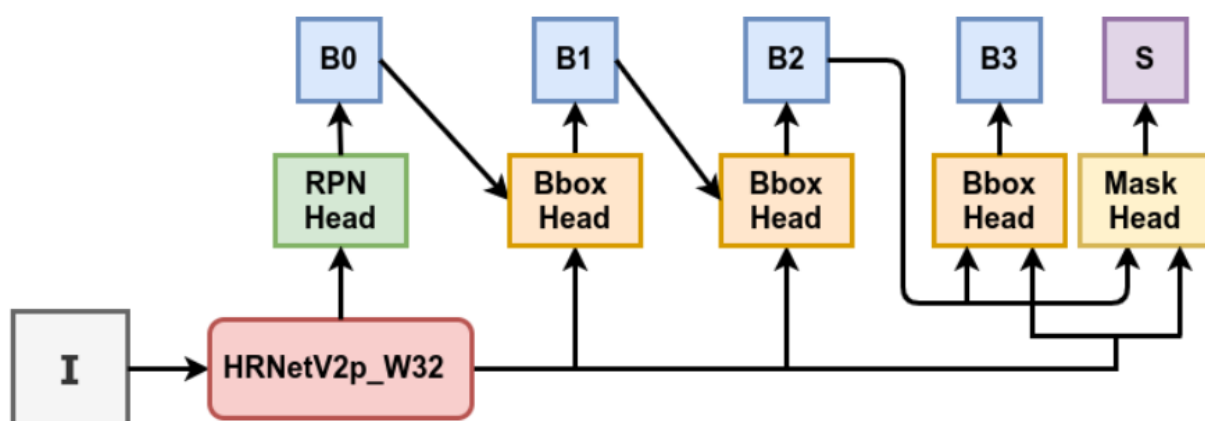


Рисунок 1 – Архитектура модели нейронной сети

В кратком изложении, модель нейронной сети состоит из нескольких подсетей, формирующих каскад (Рисунок 1).

На вход сети подается изображение в высоком разрешении. После этого изображение обрабатывается сверточной нейронной сетью HRNetV2p_w32 [3] которая формирует пирамиду признаков, используемую в качестве входных данных для последующих шагов каскада.

Далее при помощи подсети RPN Head предсказываются прямоугольные регионы интереса, обозначенные на схеме как «В». После этого по регионам интереса в несколько итераций при помощи подсетей Bbox Head предсказываются координаты и классы искомым объектов (классы на диаграмме опущены).

Финальным шагом каскада является подсеть Mask Head, которая по координатам прямоугольной области расположения объекта и его классу

предсказывает, относится ли определенный пиксель изображения к предсказанному классу, формируя битовую маску «S».

Программная реализация данной архитектуры достигается при помощи высокоуровневых фреймворков по работе с нейронными сетями PyTorch и MMDetection и представляет собой функцию, которая входе принимает предобработанное изображение документа, а на выходе выдает список координат таблиц (прямоугольных областей «B») и соответствующих им битовых масок («S»). Для дальнейшей обработки интерес представляют только координаты – по ним из исходного изображения документа вырезаются изображения таблиц.

3.3. Алгоритм разделения ячеек

После извлечения изображения таблицы из исходного документа при помощи распознавания, необходимо выделить ее структуру. Для этого используется алгоритм, описанный в работе «Метод распознавания структуры таблицы в электронных табличных документах» [4] обзор на которую представлен в пункте 1.1. Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Детекция вертикальных и горизонтальных линий на изображение при помощи преобразования Хафа
2. Нахождение точек пересечения этих линий
3. Определение координат ячеек по расположению точек пересечения линий

Преобразование Хафа – это вычислительный алгоритм, применяемый для детекции геометрических фигур на изображении. В данной работе рассмотрим это преобразование для прямых. Как известно уравнение прямой имеет вид (Формула 4):

$$y = m * x + b \quad (4)$$

, где m – коэффициент наклона прямой,

b – точка пересечения прямой с осью ординат.

Основой преобразования Хафа является представление любой прямой при помощи параметров r и θ , где r – длина нормали от начала координат до прямой, а θ – угол этой нормали относительно оси абсцисс. Тогда любую прямую можно представить в виде (Формула 5):

$$y = -\left(\frac{\cos \theta}{\sin \theta}\right) * x + \left(\frac{r}{\sin \theta}\right) \quad (5)$$

или, если преобразовать (Формула 6):

$$r = x * \cos \theta + y * \sin \theta \quad (6)$$

Из этого следует, что любую прямую из пространства (X, Y) можно связать с точкой в пространстве (r, θ) , если $\theta \in [0, 2\pi]$ и $r \geq 0$. Такое пространство называется пространством Хафа. Так как через одну точку (x_0, y_0) может проходить бесконечное множество прямых, то на пространстве Хафа эти прямые будут соответствовать уравнению (Формула 7):

$$r(\theta) = x_0 * \cos \theta + y_0 * \sin \theta \quad (7)$$

Соответственно на графике пространства Хафа для одной точки будет представлена кривая. Чтобы определить параметры прямой, на которой лежат несколько точек, нужно найти пересечение кривых для этих точек на пространстве Хафа (Рисунок 2).

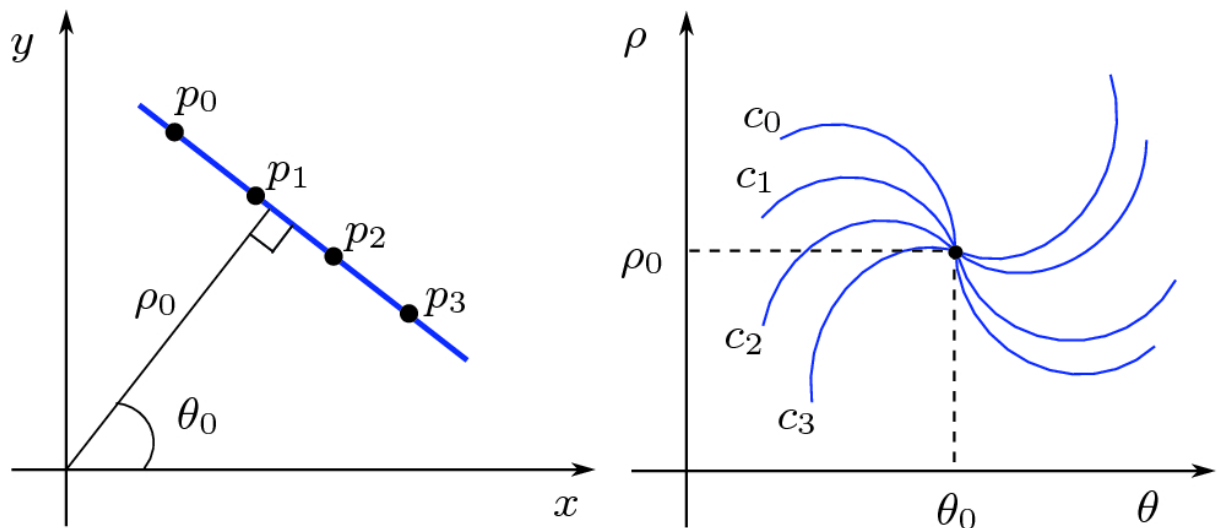


Рисунок 2 – Определение параметров прямой при помощи пространства Хафа

Данная методика позволяет находить прямые с нужными параметрами исследуя пространство Хафа для бинарного изображения. Для этого нужно

построить кривые для всех точек входного изображения и просуммировать их. Точки на пространстве (r, θ) с максимальными значениями будут отражать параметры наиболее выраженных прямых на изображении (Рисунок 3).

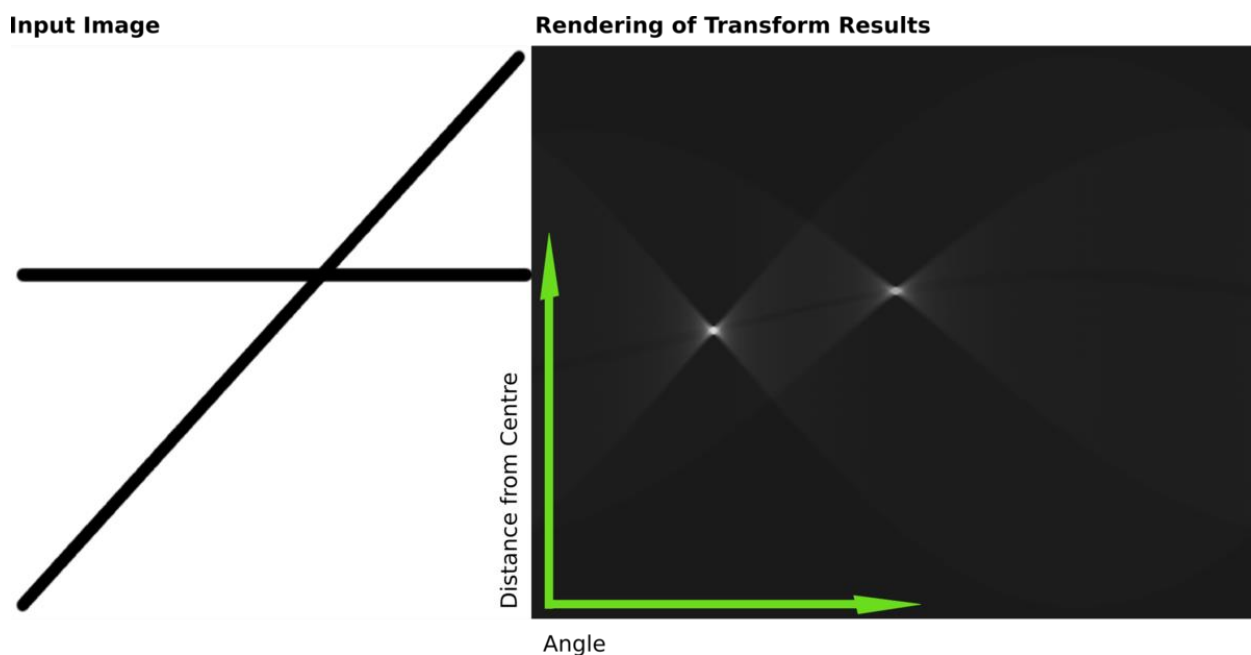


Рисунок 3 – Пространство Хафа построенное на бинарном изображении

В настоящей работе преобразование Хафа используется для нахождения вертикальных и горизонтальных линий, соответственно поиск максимумов на пространстве (r, θ) производится только для θ равном $0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{4}$ и 2π . Оригинальное изображение подвергается бинаризации с адаптивным порогом, эрозии с горизонтальным или вертикальным вектором и расширению по тем же векторам для избавления от шумов, прежде чем поступить на вход для преобразования Хафа. По результатам этого преобразования строятся бинарные изображения полученных вертикальных и горизонтальных полос.

Далее, если поэлементно логически умножить получившиеся бинарные изображения, можно найти координаты точек пересечения линий. Для того, чтобы получить координаты ячейки таблицы достаточно найти четыре координаты точек пересечения, являющиеся вершинами прямоугольника. Это делается путем простого попарного сравнения значений x и y для выбранных точек.

Для реализации данных алгоритмов на языке Python была использована библиотека OpenCV.

3.4. Алгоритм поворота изображения

Для правильной работы алгоритма по разделению таблицы на ячейки необходимо, чтобы исходное изображение не имело наклона относительно вертикальной или горизонтальной оси.

Но при анализе реальных сканов документов было обнаружено, что не все из них представлены в строго вертикальной ориентации. Для того, чтобы это исправить, нужно найти угол, на который относительно оси абсцисс повернуто данное изображение и повернуть его обратно относительно центра.

Данная задача является нетривиальной, так как все документы имеют разные шаблоны, поэтому было реализовано универсальное решение с использованием преобразования Фурье для двух аргументов. Рассмотрим в качестве примера Рисунок 4.

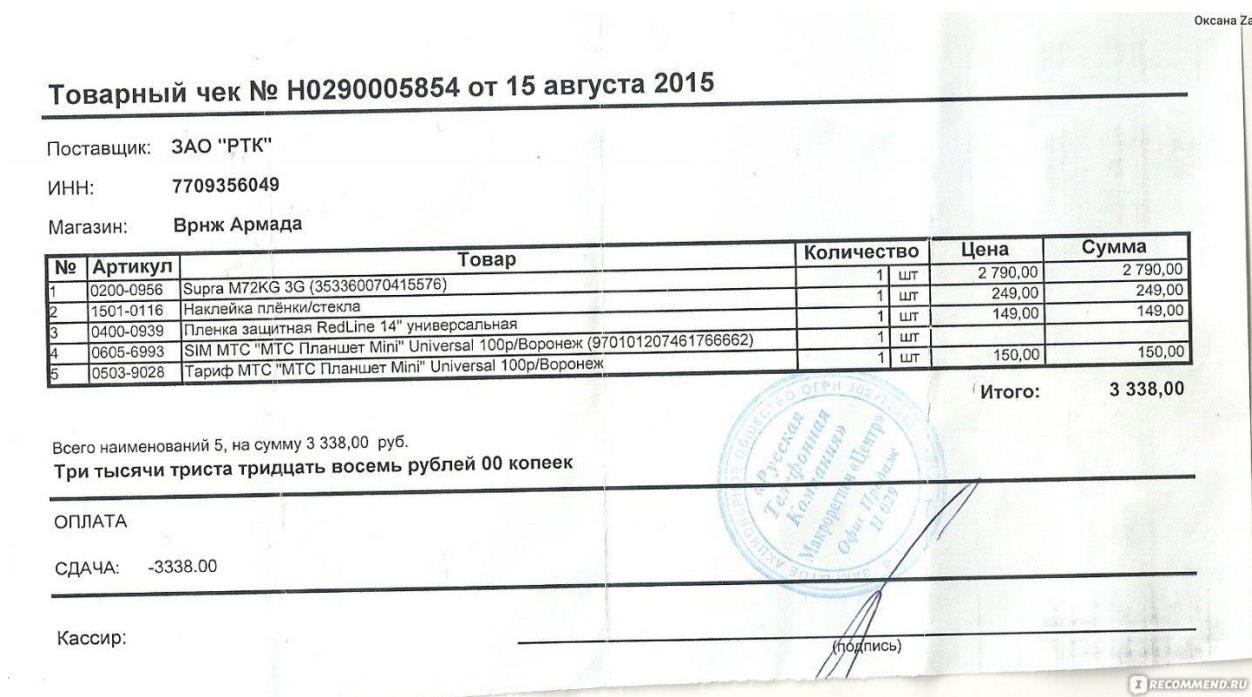


Рисунок 4 – Пример повернутого документа

Как видно из рисунка, все линии на документе, а также ориентация текста имеют одинаковый угол поворота относительно оси абсцисс.

Соответственно, чтобы найти угол поворота документа, нужно найти угол, на который повернуто большинство линий документа.

Для решения этой задачи в настоящей работе используется следующий алгоритм:

1. Строится амплитудный спектр преобразования Фурье на изображении документа
2. Производится смещение нулевой частотной компоненты в центр спектра
3. Строится график относительно центра спектра, где по оси абсцисс находится угол поворота, а по оси ординат – радиус до точки. В точках графика находятся соответствующие значения амплитуд.
4. На получившемся графике находится значение угла, при котором сумма амплитуд максимальная – это угол поворота изображения
5. Изображение поворачивается относительно центра на величину, обратную найденному углу по модулю 90

Преобразование Фурье (ПФ) – это сопоставление функции вещественной переменной другой функции комплексной переменной. При этом полученная функция задает коэффициенты при разложении исходной функции на элементарные составляющие – гармонические колебания с разной частотой. В случае функции от одного аргумента преобразование Фурье имеет следующий вид (Формула 8):

$$\hat{f}(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)e^{-ix\omega} dx \quad (8)$$

, где ω – частота,

e – число Эйлера (константа),

i – мнимая единица,

$\hat{f}(\omega)$ – ПФ для исходной функции $f(x)$.

Физический смысл ПФ можно раскрыть при помощи формулы Эйлера (Формула 9):

$$e^{-i\omega x} = \cos(\omega x) - i * \sin(\omega x) \quad (9)$$

Другими словами, ПФ ставит в соответствие исходной функции сумму гармонических колебаний. В данной работе в качестве исходной функции будет выступать изображение, где аргументами являются координаты точек x и y , а значениями функции – значение яркости пикселя в градациях серого. Так как изображение ограничено своим размером, а значения яркости в градациях серого дискретны (от 0 до 255 с шагом 1), рассмотрим дискретное преобразование Фурье (ДПФ) для функции от двух аргументов для квадратного изображения (Формула 10):

$$\hat{f}(\omega, \varphi) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-i2\pi(\omega x + \varphi y)/N} \quad (10)$$

, где N – общее количество измерений вдоль одной оси,
 ω, φ – частоты от 1 до $N-1$.

Если преобразовать это выражение при помощи формулы Эйлера, то получим следующее уравнение (Формула 11):

$$\hat{f}(\omega, \varphi) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \left[\cos\left(\frac{2\pi(\omega x + \varphi y)}{N}\right) - i * \sin\left(\frac{2\pi(\omega x + \varphi y)}{N}\right) \right] \quad (11)$$

Из этого уравнения можно сделать вывод, что изображение в градациях серого состоит из совокупности гармонических колебаний вида $z(x, y) = \cos(\omega x + \varphi y)$. Для примера рассмотрим график функции $z(x, y) = \cos(x + y)$ на Рисунке 5.

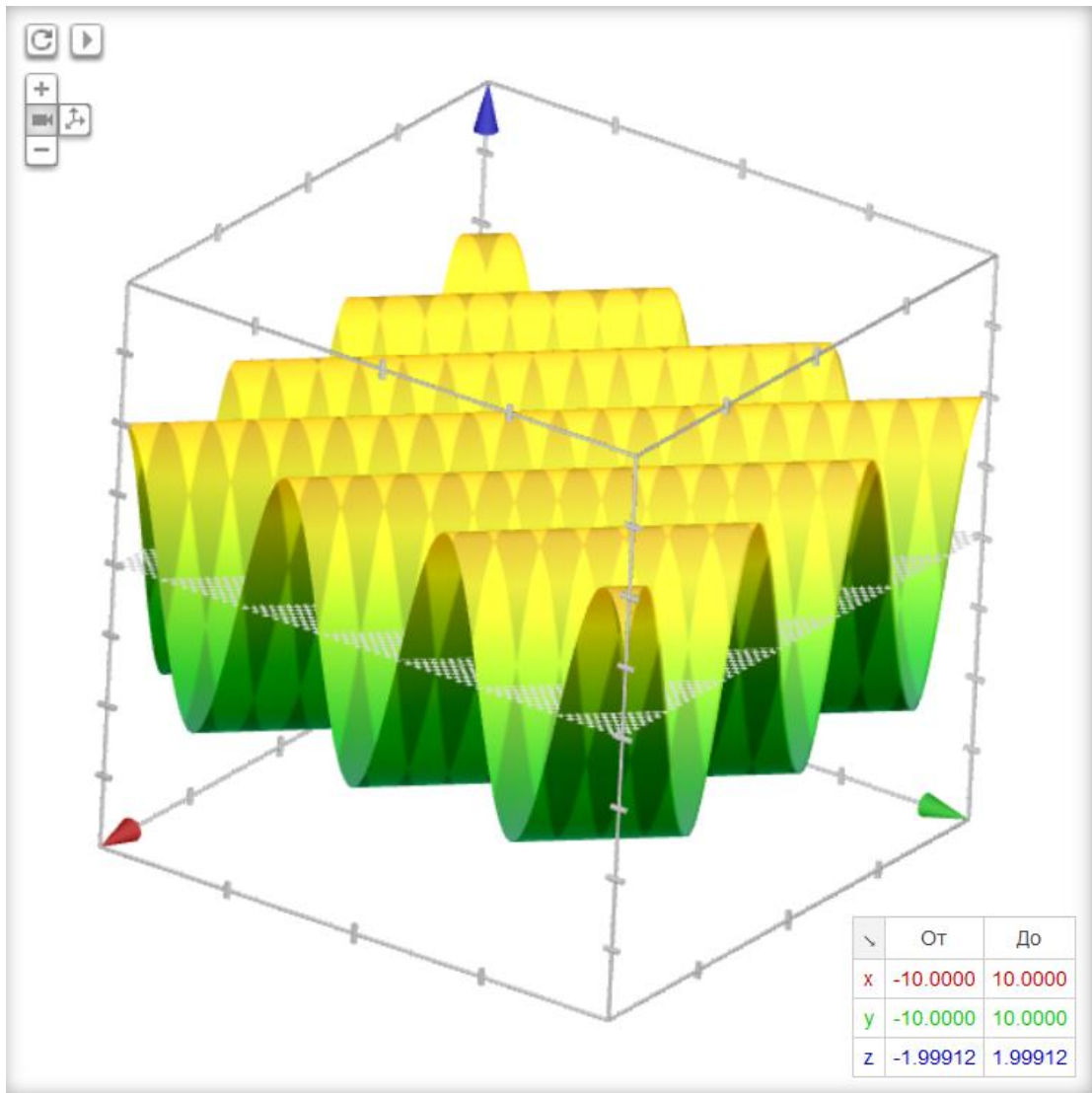


Рисунок 5 – График функции $z(x, y) = \cos(x + y)$

Как видно из графика функция z принимает одинаковые значения на прямой $y = -x + C$, где $C \in R$. Известно, что в общем случае функция $z(x, y) = \cos(\omega x + \varphi y)$ принимает одинаковые значения для $y = -\frac{\omega}{\varphi} * x + C$, где $C \in R$. На изображении такая функция будет образовывать параллельные волны, пример на Рисунке 6. При этом волны будут параллельны углу $\alpha = \arctg(-\frac{\omega}{\varphi})$.

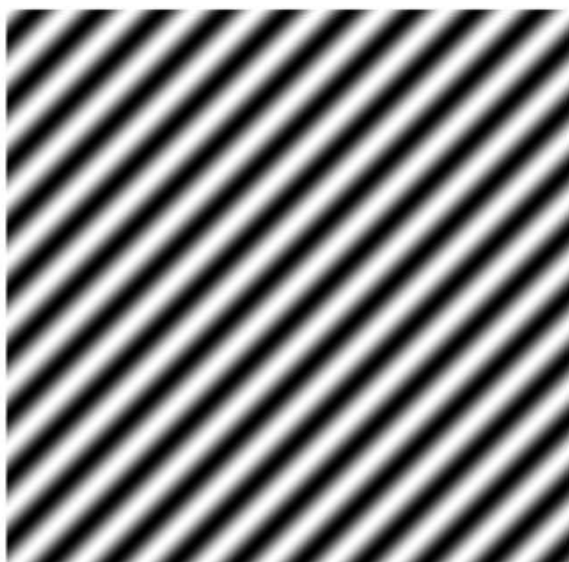


Рисунок 6 – Волны на изображении, функция $z(x, y) = \cos(x + y)$ (начало координат в левом верхнем углу)

Из уравнения ДПФ для двух аргументов видно, что амплитуды гармонических колебаний зависят только от функции $f(x, y)$ (которая является де факто суммой гармонических колебаний), соответственно для них так же будет верно уравнение $y = -\frac{\omega}{\varphi} * x + C$, где $C \in R$, при котором амплитуды будут принимать одинаковые значения. Другими словами, если на изображении есть линия, которую можно описать уравнением $y = b_0 * x + C_0$, то на спектре амплитуд ДПФ этого изображения будет прямая, которую можно описать уравнением $\varphi = -\frac{1}{b_0} \omega$. При этом прямая на спектре амплитуд будет перпендикулярна прямой на оригинальном изображении (Рисунок 7).

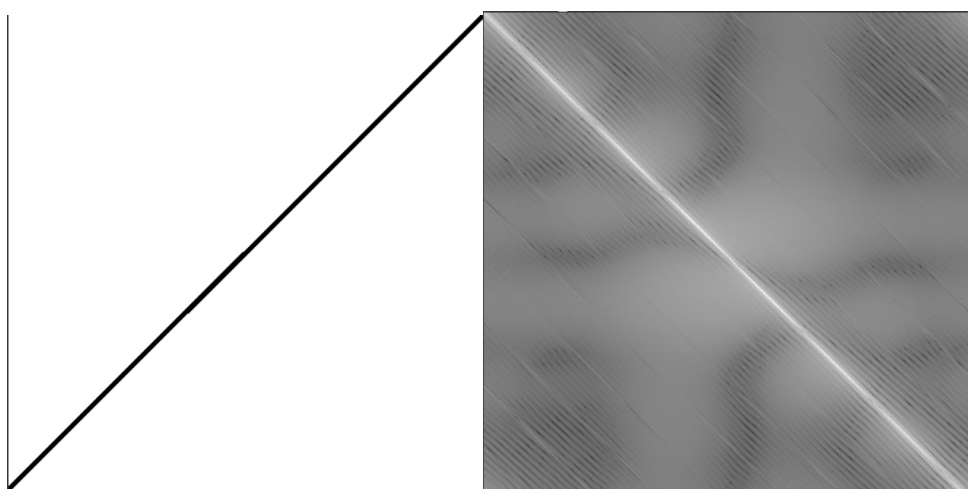


Рисунок 7 – Оригинальное изображение и спектр амплитуд ДПФ

Так как линия на спектре амплитуд не зависит от коэффициента C для линий на оригинальном изображении, то чем больше параллельных линий на оригинальном изображении, тем больше будут значения амплитуд на линейном графике спектра.

Это свойство ДПФ позволяет находить угол поворота для наиболее часто встречающихся прямых линий на оригинальном изображении.

После применения ДПФ на изображении необходимо выполнить смещение нулевой частотной компоненты в центр спектра. Это действие выполняется для удобства последующего анализа спектра (Рисунок 8).

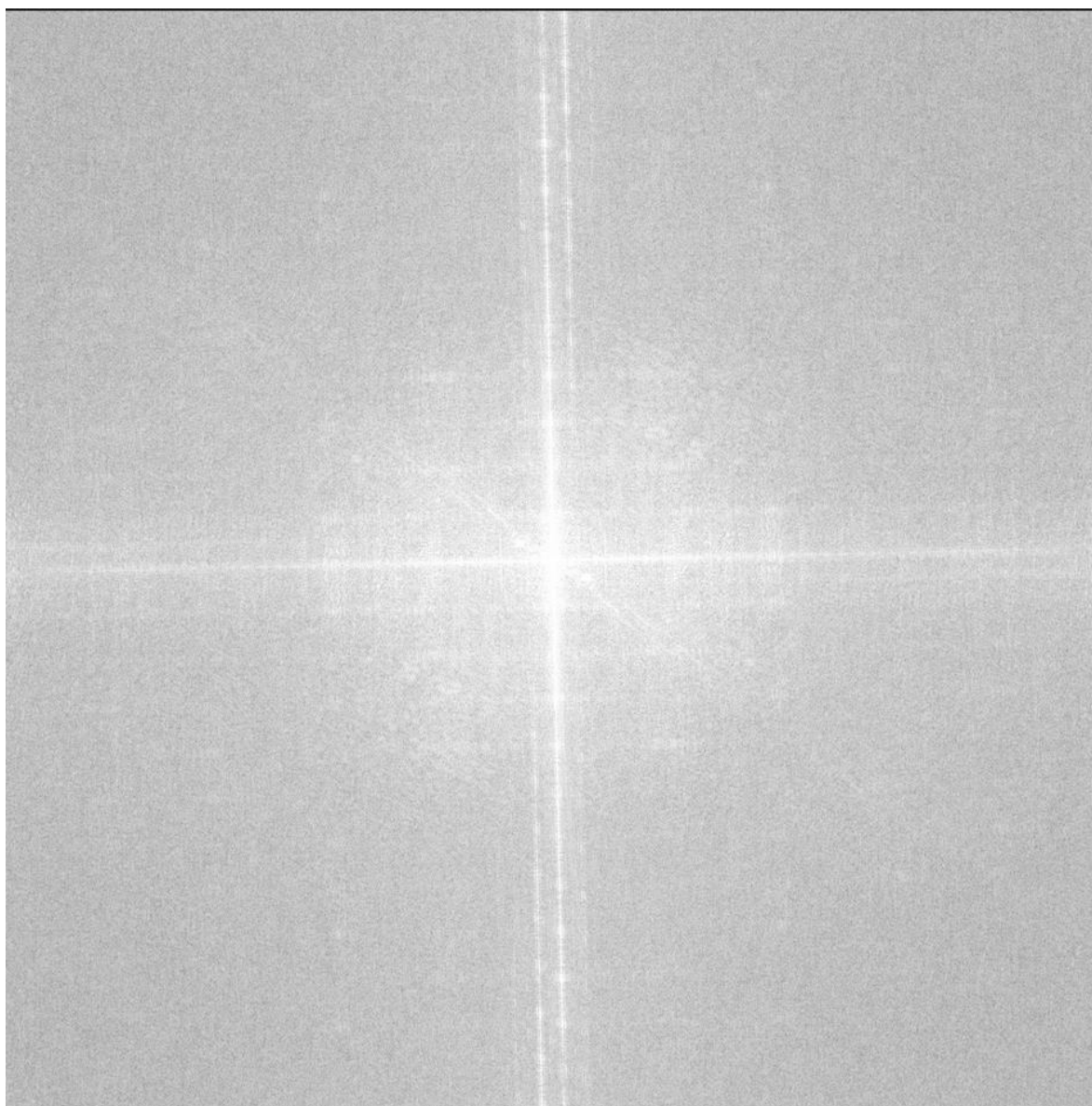


Рисунок 8 – Спектр амплитуд ДПФ для Рисунка 4. Нулевая частотная компонента смещена в центр.

После этого график спектра преобразуется по следующему алгоритму:

1. Выбирается вектор значений углов $A = [\pi, \frac{N-1}{2\pi}, \frac{N-2}{2\pi} \dots \frac{1}{2\pi}]$, где N – меньшая из размерностей спектра
2. Выбирается вектор радиусов $R = [r, \frac{r-1}{r}, \frac{r-2}{r} \dots \frac{1}{r}]$, где r – минимальное расстояние от нулевой частотной компоненты (x_c, y_c) до границы спектра.
3. Строится график с значениями вектора A на оси абсцисс и значениями вектора R на оси ординат начиная с меньшего. Значением точки с координатами (A_0, R_0) выбирается значение точки с координатами $(R_0 * \cos A_0 + x_c, R_0 * \sin A_0 + y_c)$ со спектра амплитуд ДПФ.

Далее по графику (Рисунок 9) находится угол (координата на оси абсцисс) с максимальной суммой значений амплитуд – это и есть угол на который повернуто изображение.

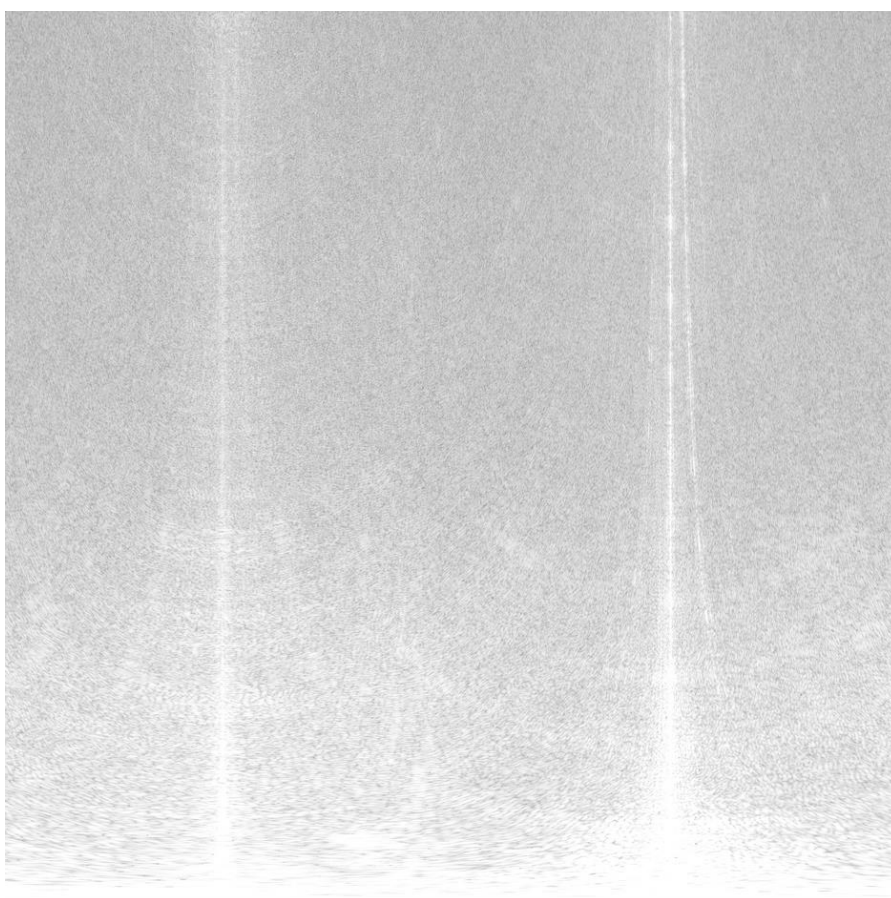


Рисунок 9 – График полярной трансформации для спектра амплитуд ДПФ

После этого оригинальное изображение поворачивается на угол, обратный найденному по модулю 90 (Рисунок 10).

Оксана За

Товарный чек № H0290005854 от 15 августа 2015

Поставщик: ЗАО "РТК"
 ИНН: 7709356049
 Магазин: Врнж Армада

№	Артикул	Товар	Количество	Цена	Сумма
1	0200-0956	Supra M72KG 3G (353360070415576)	1 шт	2 790,00	2 790,00
2	1501-0116	Наклейка плёнки/стекла	1 шт	249,00	249,00
3	0400-0939	Пленка защитная RedLine 14" универсальная	1 шт	149,00	149,00
4	0605-6993	SIM МТС "МТС Планшет Mini" Universal 100р/Воронеж (970101207461766662)	1 шт		
5	0503-9028	Тариф МТС "МТС Планшет Mini" Universal 100р/Воронеж	1 шт	150,00	150,00
Итого:					3 338,00

Всего наименований 5, на сумму 3 338,00 руб.
 Три тысячи триста тридцать восемь рублей 00 копеек

ОПЛАТА

СДАЧА: -3338.00

Кассир: _____
 (подпись)

RECOMMEND.RU

Рисунок 10 – Результат работы алгоритма – выравненное изображение документа

Для реализации описанного алгоритма использовались библиотеки OpenCV и NumPy.

4. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ

В настоящей работе для оценки точности распознавания таблиц были изучены и реализованы метрики, которые используются в задачах машинного зрения, а также собрана выборка из реальных документов и размеченных таблиц. После формирования выборки и реализации метрик было проведено тестирование, по результатам которого был сделан вывод об актуальности ПО.

4.1. Выбор метрики для оценки качества распознавания

Метрика в математике – это функция для двух объектов, которая возвращает расстояние между ними. В задачах, связанных с распознаванием, разработчиков интересует расстояние между распознанным объектом и его реальным представлением. Такое расстояние чаще всего равно числу от 0 до 1, то есть от полного несовпадения, до полного совпадения объектов. Значения метрики позволяют дать числовую оценку качеству и точности работы алгоритма.

Для задачи по распознаванию таблиц необходимо было выбрать метрику, учитывающую как структурную, так и текстовую составляющую таблицы. Так как настоящая работа базируется на работах, представленных в пункте 1.1 было решено выбирать из метрик, описанных в них.

Intersection over Union (IoU) – метрика, которая используется для оценки точности детекции таблиц в работе «CascadeTabNet: An approach for end to end table detection and structure recognition from image-based documents» [2]. Она рассчитывается по Формуле 12:

$$IoU = \frac{S_i}{S_u} \quad (12)$$

, где S_i – площадь пересечения предсказанной области расположения объекта и реальной,

S_u – площадь объединения предсказанной области расположения объекта и реальной.

Эта метрика хорошо отражает качество детекции или сегментации таблицы на изображении, однако не отражает совпадения ее структурных и текстовых элементов.

В работе «Image-based table recognition: data, model, and evaluation» [5] используется другой подход для описания таблиц – они представляются в виде графов, а точнее – деревьев. Корневой элемент такого дерева не несет в себе информации, однако он соединяется с вершинами, которые представляют из себя строки. От вершин отходят листья дерева – ячейки с текстом, содержащиеся в соответствующей строке таблицы.

Данный подход позволяет использовать метрики, предназначенные для графов для сравнения таблиц. Предложенную в работе метрику Tree Edit Distance Similarity (TEDS) можно записать в виде Формулы 13:

$$TEDS(T_a, T_b) = 1 - \frac{EditDist(T_a, T_b)}{Max(|T_a|, |T_b|)} \quad (13)$$

, где T_a, T_b – деревья а и б,

$|T_a|, |T_b|$ – количество вершин в деревьях а и б,

$EditDist(T_a, T_b)$ – расстояние редактирования графа для деревьев а и б.

Расстоянием редактирования графа называют минимальное количество операций редактирования графа, которые необходимо совершить над первым графом, чтобы получить граф, изоморфный второму. В виде Формулы 14 данную метрику записывают так:

$$EditDist(g_1, g_2) = \min_{(e_1, e_2 \dots e_k) \in P(g_1, g_2)} \sum_{i=1}^k c(e_i) \quad (14)$$

, где g_1, g_2 – графы, для которых идет сравнение,

$P(g_1, g_2)$ – набор путей преобразования g_1 в граф, изоморфный g_2 ,

$c(e_i)$ – стоимость i -того действия над графом,

e_i – действие над графом из набора следующих действий:

- Вставка вершины (стоимость 1)
- Удаление вершины (стоимость 1)

- Редактирование текста вершины (стоимость определяется как нормированное расстояние Левенштейна между первым и вторым текстом)

Метрика TEDS позволяет оценивать меру совпадения структуры таблиц и текста в ячейках таблицы, поэтому в рамках данной работы реализована была именно она в двух вариациях – с использованием расстояния Левенштейна для сравнения строк и без него. Во втором случае, если строки не равны, то стоимость редактирования текста – 1.

Для реализации была использована библиотека zss на языке Python.

4.2. Результаты распознавания

В рамках настоящей работы для оценки точности распознавания вручную был сформирована выборка из 100 изображений (сканов и фотографий) документов различного качества. На каждом документе была размечена минимум одна таблица (на некоторых изображениях их несколько).

Решение о ручной сборке данных для теста было принято в связи с отсутствием в интернете готовых наборов документов и таблиц, которые бы удовлетворяли следующим условиям:

- Выборка содержит большое количество разнообразных изображений документов с таблицами;
- Каждому изображению сопоставлены размеченные таблицы;
- Текст в таблицах содержит кириллицу.

В качестве документов в получившейся выборке выступают реальные документы из интернета, такие как: заказ-наряды станций технического обслуживания, товарные чеки, накладные, анализы, выписки со счета и квитанции.

После сборки данных было проведено тестирование различных конфигураций ПО (изменяются этапы предобработки изображения). Результаты тестирования представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Результаты тестирования

Конфигурация ПО	$TEDS_{Lev}$, медиана	$TEDS_{Simple}$, медиана	$TEDS_{Lev}$, ср.	$TEDS_{Simple}$, ср.
Без поворота, без расширения	0,467	0,510	0,486	0,474
С поворотом, без расширения	0,670	0,544	0,532	0,473
С поворотом, с расширением	0,068	0,147	0,328	0,306

Как видно из Таблицы 2 наиболее удачным оказался вариант с поворотом изображения во время предобработки, без использования фильтров. Если посмотреть на графике (Рисунок 11) как распределены значения метрики для данной конфигурации можно заметить, что алгоритм выдает либо очень хороший результат, либо очень плохой. Это подтверждается, если построить гистограмму распределения (Рисунок 12).



Рисунок 11 – График распределения значения метрик

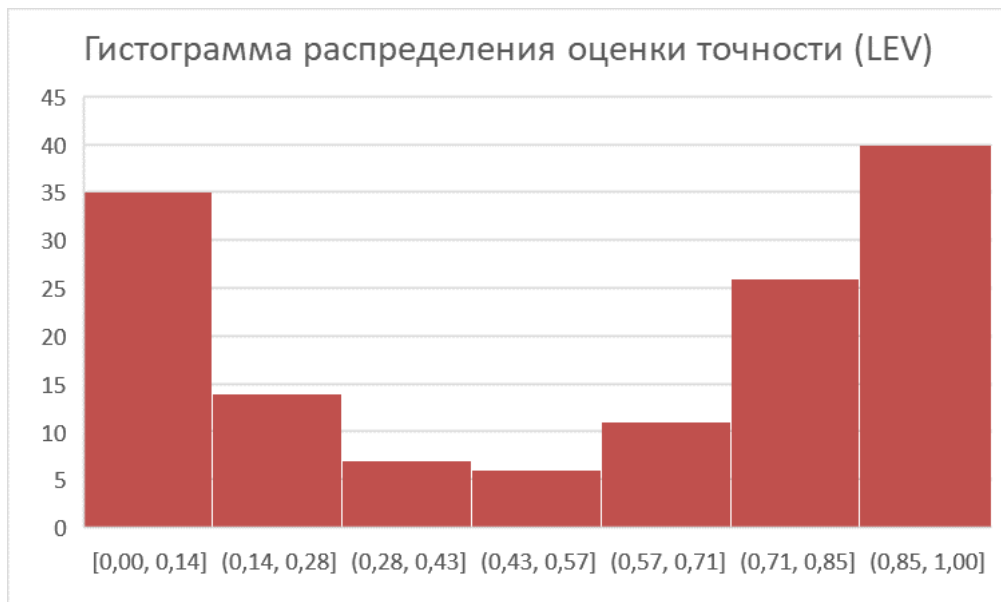


Рисунок 12 – Гистограмма распределения оценки точности

Такое поведение графика указывает на то, что слабым местом алгоритма является сеть детекции таблиц на изображении документа. Это можно понять по многочисленным нулевым значениям метрик, что означает, что искомая таблица не была обнаружена на изображении.

Данную проблему можно исправить, если дообучить сеть детекции таблиц на изображениях из выборки. Однако для такого малого количества элементов, данная операция не возымеет должного эффекта.

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕУСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

5.1. Оценка коммерческого потенциала перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В рамках выполнения настоящей работы было проведено исследование методов распознавания таблиц на изображениях документов и разработан прототип ПО. На входе подаются сканы или фотографии документов, на выходе пользователь получает распознанные таблицы в удобном ему цифровом формате. Разработанное программное обеспечение может быть использовано, как часть информационной системы или сервиса и представляет из себя программный модуль на языке Python.

Целевым рынком для данного ПО являются компании, которые используют в бизнес-процессах электронные и бумажные документы. Более подробно потенциальные потребители результатов исследования описаны в Таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика потенциальных потребителей

Критерий	Потребители
Общее описание	Компании, которые используют бумажный документооборот вместе с электронным
Размер компании	Большие компании, у которых остро стоят вопросы автоматизации работы с бумажным документооборотом
Территориальное расположение	На территории России

Отрасль	Ритейл, медицинские услуги, техническое обслуживание ТС, страховые компании и др.
Мотивация к использованию	Решение по автоматизации бизнес-процессов, связанных с бумажным документооборотом. Сокращение издержек на постоянно повторяющиеся бизнес-процессы.

5.1.2. Анализ конкурентных технических решений

При рассмотрении сферы распознавания документов через призму распознавания таблиц можно выделить следующие конкурентные технические решения:

1. Desktopное ПО для распознавания текста на изображениях документов Abbyy FineReader (K1)
2. Универсальная платформа для интеллектуальной обработки информации для любых типов документов Abbyy FlexiCapture (K2)

Анализ конкурентных технических решений был проведен с помощью оценочной карты, представленной в Таблице 4.

Таблица 4 – Оценочная карта критериев эффективности конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бр	Б1	Б2	Кр	К1	К2
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надежность	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5
Инновационная привлекательность	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
Функциональная мощность	0,15	2	4	5	0,3	0,6	0,75

Масштабируемость	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
Возможность потоковой обработки документов	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
Простота эксплуатации	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
Возможность доработки	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
Цена	0,25	5	3	2	1,25	0,75	0,5
Послепродажное обслуживание	0,05	1	4	4	0,05	0,2	0,2
Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
Итого	1				4,00	3,45	3,75

Анализ конкурентных решений определяется по Формуле 15:

$$K = \sum_{i=1}^N V_i * B_i \quad (15)$$

, где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурентного решения;

V_i – вес i -го критерия (в долях единицы);

B_i – балл i -го критерия (от 1 до 5);

N – количество критериев;

Исходя из результатов проведенного анализа, можно сказать, что конкурентное преимущество формируют цена, возможность доработки, простота эксплуатации, возможность потоковой обработки документов и инновационность разработки. Проанализированные конкурирующие решения

предоставляют большую функциональную мощность, а также имеют послепродажное обслуживание, однако стоят гораздо дороже.

Так как основным мотивирующим фактором при использовании рассмотренных решений является сокращение издержек на оцифровку бумажных документов, то цена использования решения является ключевым фактором выбора технологии. Соответственно целесообразность настоящей работы подтверждена по крайней мере потенциально низкой стоимостью эксплуатации результирующего программного обеспечения.

5.1.3. Анализ качества и перспективности разработки по технологии QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Анализ имеющихся конкурентных продуктов необходимо проводить с достаточной регулярностью, так как рынок ИТ находится в постоянном и активном движении на сегодняшний день. Данный анализ позволяет производить изменения текущего программного обеспечения, чтобы сделать его наиболее перспективными конкурентоспособным в дальнейшем.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по Формуле 16:

$$P_{\text{cp}} = \sum_{i=1}^N V_i * B_i \quad (16)$$

, где P_{cp} - средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес i -го критерия (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го критерия;

N – количество критериев;

Результат QuaD-анализа представлен в Таблице 5.

Таблица 5 - Оценка критериев в соответствии с технологией QuaD

Критерий оценки	Вес критерия	Балл	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Надежность	0,1	60	100	0,6	0,06
Инновационная привлекательность	0,05	100	100	1	0,05
Функциональная мощность	0,15	40	100	0,4	0,06
Масштабируемость	0,1	80	100	0,8	0,08
Возможность потоковой обработки документов	0,1	100	100	1	0,1
Простота эксплуатации	0,05	100	100	1	0,05
Возможность доработки	0,1	100	100	1	0,1
Цена	0,25	100	100	1	0,25
Послепродажное обслуживание	0,05	20	100	0,2	0,01
Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	80	100	0,8	0,04
Итого:					0,8

Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки равен 0,8 (попадает в промежуток 0.8 –1), то есть такая разработка считается перспективной.

5.1.4. SWOT-анализ

При анализе проекта также был использован SWOT-анализ – метод оценки внутренних и внешних факторов, которые влияют на развитие компании или проекта. Эта методика помогает оценить сильные и слабые стороны проекта, найти новые возможности и определить возможные угрозы.

Результаты SWOT-анализа представлен в Таблице 6.

Таблица 6 – Матрица SWOT-анализа

		Внутренние факторы	
		Сильные стороны: С1. Уникальность С2. Низкая стоимость С3. Простота интеграции С4. Простота модификации С5. Независимость от шаблона документа	Слабые стороны: Сл1. Узкая направленность на таблицы Сл2. Сравнительно невысокая точность Сл3. Длительная разработка
Внешние факторы	Возможности:		
	В1. Интеграция в процессы существующих организаций	В1С3С4 - ПО легко интегрируется в любую информационную систему, так как представляет из себя программный модуль;	В1В2Сл1Сл2 - ПО может не удовлетворить заказчика, так как работает только с таблицами;
	В2. Поддержание тренда на автоматизацию предприятий	В2С5 - ПО подходит для разных предприятий, так как не зависит от шаблона вхрдящего документа;	В4Сл3 - так как стоимость ПО формируется только из затрат на разработку, то длительная разработка может ослабить ценовое конкурирующее преимущество;
	В3. Появление новых научных работ в области распознавания таблиц	В3С4 - для улучшения качества можно модифицировать ПО методами из научных работ;	
	В4. Повышение стоимости конкурирующих решений на рынке	В4С2 - в стоимость ПО входят только затраты на его разработку;	

	<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на данную технологию</p> <p>У2. Развитие конкурентных решений</p> <p>У3. Снижение цены конкурентных решений</p>	<p>У1С4 - при отсутствии спроса можно модифицировать технологию, сделав функции, которые необходимы рынку сейчас;</p> <p>У2У3С2С4 - при развитии конкурентов и снижении стоимости их решений, можно модифицировать данное ПО, добавив функции конкурентов. Стоимость ПО все равно будет ниже, чем у конкурентов, так как расходы на разработку меньше;</p>	<p>У1Сл1Сл2 - отсутствие спроса может быть связано с узкой направленностью ПО и его точностью;</p> <p>У2У3Сл3 - темп развития конкурентных решений может быть выше темпа разработки данного ПО, что скажется на разнице в стоимости;</p>
--	--	--	--

SWOT-анализ показал, что основное внимание стоит уделить гибкости и длительности разработки ПО. Общая картина говорит о том, что, несмотря на угрозы и слабые стороны проекта, разработка обладает конкурентным преимуществом и является перспективной.

5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для определения возможных альтернатив проведения научных исследований рекомендуется использовать морфологический подход, который основан на систематическом исследовании всех возможных в теории вариантов, возникающих из морфологии объекта исследования. Морфологическая матрица представлена в Таблице 7.

Таблица 7 – Морфологическая матрица проекта

	1	2	3
А. Язык программирования	Python	C#	-

Б. Платформа для разработки	Google Colaboratory	Персональный компьютер	-
В. Среда разработки	Jupyter Notebook	JetBrains PyCharm	Visual Studio Code
Г. Технология распознавания текста	Tesseract OCR	Google Text Recognition API	OpenCV

Из данной морфологической матрицы можно выделить следующие варианты реализации проекта:

Вариант 1: А1Б1В1Г1

Вариант 2: А1Б2В2Г3

Вариант 3: А2Б2В3Г2

5.3. Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Важным этапом проведения научно-исследовательских работ является необходимость планирования работ, которое включает в себя определение полного перечня работ, а также их распределение между всеми исполнителями проекта. Исполнителями проекта являются студент и научный руководитель. Научный руководитель определяет цели и задачи для студента, направляет и контролирует его работу, оценивает результаты проделанной работы и дает рекомендации студенту. Студент полностью отвечает за выполняемую работу. В Таблице 8 представлен перечень работ, а также распределение исполнителей по ним.

Таблица 8 – Перечень работ и распределение исполнителей

№ работы	Наименование работы	Исполнители работы
1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Толпикин Н.В.

2	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Толпикин Н.В. Цапко И.В.
3	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Цапко И.В.
4	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Толпикин Н.В.
5	Анализ предметной области	Толпикин Н.В.
6	Проектирование ПО	Толпикин Н.В.
7	Разработка ПО	Толпикин Н.В.
8	Тестирование ПО и оценка точности	Толпикин Н.В.
9	Соглаивование выполненной работы с научным руководителем	Толпикин Н.В. Цапко И.В.
10	Выполнение других частей работы (социальная ответственность, финансовый менеджмент)	Толпикин Н.В.
11	Подведение итогов, оформление работы	Толпикин Н.В. Цапко И.В.

5.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Как правило, основная часть стоимости исследования составляют трудовые затраты, поэтому важным этапом планирования научно-исследовательской деятельности является определение трудоемкости работ.

Определение трудоёмкости выполнения работ осуществляется на основе экспертной оценки ожидаемой трудоёмкости выполнения каждой работы путём расчёта длительности работ в рабочих и календарных днях каждого этапа работ.

Трудоемкость оценивается по следующей Формуле 17:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5} \quad (17)$$

, где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость i -ой работы (чел.-дни);

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка) (чел.-дни);

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка) (чел.-дни).

Затем исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяют продолжительность каждой работы в рабочих днях по Формуле 18:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{ч_i} \quad (18)$$

, где T_{pi} – продолжительность i -ой работы (раб. дни);

$t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость i -ой работы (чел.-дни);

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на этапе (чел.).

Для того чтобы в дальнейшем построить график работ с помощью диаграммы Ганта, необходимо также произвести перевод длительности работ из рабочих дней в календарные по Формуле 19:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал} \quad (19)$$

, где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность i -ой работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности $k_{кал}$ рассчитывается по Формуле 20:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} \quad (20)$$

, где $k_{кал}$ – коэффициент календарности;

$T_{кал}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

С учетом того, что календарных дней в 2020 году 365, количество выходных и праздничных дней для шестидневной рабочей недели равно 66, то коэффициент календарности $k_{кал} = 1,22$.

5.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

В Приложении А (Таблица А.1) приведена таблица временных показателей для проведения работ (Р - руководитель, С - студент). По данным таблицы при помощи веб-приложения GanttPro была построена диаграмма Ганта для первого варианта проведения научного исследования, диаграмма представлена в Приложении Б (Рисунок Б.1).

5.3.4. Бюджет научно-технической разработки

В состав бюджета входит стоимость всех расходов, необходимых для выполнения работ по проекту. При формировании бюджета используется группировка затрат по следующим статьям:

- Материальные затраты;
- Затраты на специальное оборудование;
- Основная заработная плата исполнителей;
- Дополнительная заработная плата исполнителей;
- Отчисления во внебюджетные фонды;
- Накладные расходы

5.3.4.1. Расчет материальных затрат

Данная статья затрат включает в себя затраты на приобретение сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих со стороны. Также в эту статью включаются транспортные расходы, равные 15 % от общей стоимости материальных затрат.

Так как затраты на канцелярские принадлежности и бумагу будут учтены в накладных расходах, а для проведения научной работы не требуется какое-либо сырье, то материальные затраты в настоящей работе равны нулю.

5.3.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) целей

Данная статья затрат включает в себя затраты на приобретение специального оборудования. Также в эту статью включаются затраты по доставке и монтажу оборудования, равные 15% от его стоимости.

В ходе работы над проектом использовалось оборудование, имеющееся у исполнителей, соответственно необходим расчет его амортизации.

При создании информационной системы были использованы два персональных компьютера (руководителя и студента), стоимость 40000 и 60000 рублей, суммарная стоимость 100000 рублей.

Согласно постановлению Правительства РФ №1 от 01.01.2002 (ред. от 27.12.2019) «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы», персональные компьютеры относятся к группе 330.28.23.23 «Машины офисные прочие», срок полезного использования которых составляет 2-3 года [6].

Возьмем срок полезного использования ПК равным 3 годам и, исходя из этого, рассчитаем амортизацию на него линейным способом. Согласно приказу Минфина России №26н от 30.03.2001 (ред. от 16.05.2016) «Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету "Учет основных средств" ПБУ 6/01», годовая сумма амортизационных отчислений при линейном способе определяется исходя из первоначальной стоимости объекта основных средств и нормы амортизации, и счисленной исходя из срока полезного использования этого объекта [7].

Норма амортизации рассчитывается по Формуле 21:

$$A_n = \frac{1}{n} * 100\% \quad (21)$$

, где A_n – норма амортизации в процентах;

n – срок полезного использования в годах.

Подставив срок полезного использования ПК в Формулу 7 получим $A_n \approx 33,33\%$.

Годовые амортизационные отчисления вычисляются по Формуле 22:

$$A_r = \frac{(C * A_n)}{100\%} \quad (22)$$

, где A_r – годовые амортизационные отчисления в рублях;

C – первоначальная стоимость оборудования;

A_n – норма амортизации в процентах.

В течение отчетного года амортизационные отчисления по объектам основных средств начисляются ежемесячно независимо от применяемого способа начисления в размере 1/12 годовой суммы [7]. Ежемесячные амортизационные отчисления находят по Формуле 23:

$$A_M = \frac{A_r}{12} \quad (23)$$

, где A_M – ежемесячные амортизационные отчисления в рублях;

A_r – годовые амортизационные отчисления в рублях.

Итоговая сумма амортизационных отчислений определяется по Формуле 24:

$$A = A_M * n \quad (24)$$

, где A – годовая сумма амортизационных отчислений в рублях;

A_M – ежемесячные амортизационные отчисления в рублях;

n – срок полезного использования ПК для исследования в месяцах.

Срок использования ПК для написания ВКР – 6 месяцев.

Подставив известные значения в формулы 8–10, найдем годовые, ежемесячные и итоговые амортизационные отчисления соответственно:

$$A_r = \frac{(100000 * 33,33\%)}{100\%} = 33333 \text{ руб.}$$

$$A_M = \frac{33333}{12} = 3030 \text{ руб.}$$

$$A = 3030 * 6 = 18180 \text{ руб.}$$

Исследование выполнялось с использованием программного обеспечения с бесплатной студенческой лицензией, поэтому амортизация на ПО не рассчитывается, а значит, итоговая сумма амортизации основных фондов равна сумме амортизации двух ПК, то есть 18180 рублей. Это действительно для всех вариантов проведения научно-исследовательской работы.

5.3.4.3. Основная заработная плата исполнителей

Данная статья затрат включает основную заработную плату, премии и доплаты всех исполнителей проекта. В качестве исполнителей проекта выступают студент и научный руководитель.

Заработная плата рассчитывается по Формуле 25:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (25)$$

, где $Z_{зп}$ – заработная плата исполнителя;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата исполнителя;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата исполнителя (12%-15% от размера основной заработной платы).

Основную заработную плату можно получить по Формуле 26:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_p * (1 + K_{пр} + K_d) * K_p \quad (26)$$

, где $Z_{осн}$ - основная заработная плата исполнителя;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником в днях;

$K_{пр}$ – премиальный коэффициент (0,3);

K_d – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

K_p – районный коэффициент (для Томска 1,3);

Среднедневную заработную плату можно получить по Формуле 27:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d} \quad (27)$$

, где Z_m – месячный должностной оклад исполнителя;

M – Количество месяцев работы, равное:

При отпуске в 24 рабочих дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

При отпуске в 48 рабочих дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d - действительный годовой фонд рабочего времени персонала по разработке.

Должностные оклады исполнителей проекта согласно приказу ТПУ представлены в Таблице 9.

Таблица 9 – Месячные должностные оклады исполнителей

Исполнитель	Районный коэффициент	Размер месячного оклада без учета районного коэффициента, рубли.
Научный руководитель (должность - доцент, степень - кандидат технических наук)	1,3	33664
Студент (ассистент, без степени)	1,3	21760

Баланс рабочего времени для 6-дневной рабочей недели представлен в Таблице 10.

Таблица 10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (выходные и праздничные)	66
Потери рабочего времени (отпуска и невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243

На основе Таблиц 9-10 и Формулы 27 была рассчитана среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}}(\text{студент}) = \frac{21760 * 10,4}{243} = 931,3 \text{ рубля}$$

$$Z_{\text{дн}}(\text{руководитель}) = \frac{33664 * 10,4}{243} = 1440,8 \text{ рубля}$$

Расчет затрат на основную заработную плату для вариантов реализации проекта 1, 2 и 3 приведен в Таблице 11.

Таблица 11 – Затраты на основную заработную плату исполнителям

Исполнители	Здн, руб.	Кпр	Кд	Кр	Тр			Зосн, руб.		
					В1	В2	В3	В1	В2	В3
Студент	931,3	0,3	0,2	1,3	107	129	123	137316,5	165549,8	157849,8
Научный руководитель	1440,8	0,3	0,2	1,3	8	9	9	15883,38	17868,8	17868,8
Итого:								153199,8	183418,6	175718,6

5.3.4.4. Дополнительная заработная плата исполнителям

Данная статья расходов учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда и выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчёт дополнительной заработной платы осуществляется по Формуле 28:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} \quad (28)$$

, где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12-0,15)

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

Расчет затрат на дополнительную заработную плату для вариантов 1,2 и 3 приведен в Таблице 12.

Таблица 12 – Затраты на дополнительную заработную плату исполнителям

Исполнитель	Зосн, руб.			Кдоп	Здоп, руб.		
	В1	В2	В3		В1	В2	В3
Студент	137316,5	165549,8	157849,8	0,12	16477,98	19865,97	18941,97
Научный руководитель	15883,38	17868,8	17868,8	0,12	1906,00	2144,26	2144,26
Итого:					18383,98	22010,23	21086,23

5.3.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

К отчислениям во внебюджетные фонды относятся отчисления:

- отчисления органам государственного социального страхования;
- отчисления в пенсионный фонд;
- отчисления медицинского страхования;
- отчисления по страховым взносам за травматизм.

Сумма отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается на основе затрат на оплату труда исполнителей и может быть вычислена по Формуле 29:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (29)$$

, где $k_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды. Это отчисления в пенсионный фонд (22%), фонд обязательного медицинского страхования (5,1%), страховой фонд (2,9%) и ставка по травматизму (0,2%).

Расчет затрат на отчисления во внебюджетные фонды для вариантов реализации 1,2 и 3 приведен в Таблице 13:

Таблица 13 – Расчет затрат на отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Зосн, руб.			Здоп, руб.		
	В1	В2	В3	В1	В2	В3
Студент	137316,46	165549,75	157849,76	16477,98	19865,97	18941,97
Научный руководитель	15883,38	17868,80	17868,80	1906,01	2144,26	2144,26
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					
Итого						
Вариант 1	51818,31					
Вариант 2	62039,49					
Вариант 3	59435,05					

5.3.4.6. Накладные расходы

Накладные расходы (Таблица 14) учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: бумагу, канцелярию, печать документов, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Их величина определяется согласно следующей Формуле 30:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) * k_{\text{нр}} \quad (30)$$

, где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент накладных расходов, принятый за 16%.

Расчет затрат на накладные расходы представлен в Таблице 11.

Таблица 14 – Накладные расходы

Статья затрат	Сумма, руб.		
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Затраты на амортизацию основных средств	18180	18180	18180
Затраты на основную заработную плату	153199,8	183418,6	175718,6
Затраты на дополнительную заработную плату	18383,98	22010,23	21086,23
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	51818,31	62039,49	59435,05
Накладные расходы	38653,14	45703,72	43907,17

5.3.4.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

После того, как была подсчитана каждая из статей расходов, можно приступить к формированию общего бюджета затрат проекта. Итоговый бюджет затрат для каждого из вариантов исполнения разработки представлен в Таблице 15.

Таблица 15 – Бюджет затрат научно исследовательского проекта

Статья затрат	Сумма, руб.		
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Затраты на амортизацию основных средств	18180	18180	18180
Затраты на основную заработную плату	153199,8	183418,6	175718,6

Затраты на дополнительную заработную плату	18383,98	22010,23	21086,23
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	51818,31	62039,49	59435,05
Накладные расходы	38653,14	45703,72	43907,17
Итого	280235,3	331352	318327

5.4. Определение сравнительной эффективности исследования

Для определения сравнительной эффективности исследования необходимо рассчитать 3 показателя: интегральный показатель финансовой эффективности, интегральный показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по Формуле 31:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (31)$$

, где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги)

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = 0,846; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = 1; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = 0,96;$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом (Формула 32):

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i b_i \quad (32)$$

, где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го критерия оценки варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го критерия оценки варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число критериев сравнения.

Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности представлен в Таблице 16.

Таблица 16 – Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Критерий	Весовой коэффициент	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Удобство использования	0,1	4	5	3
Вычислительная мощность	0,3	5	3	3
Необходимость в обучении OCR	0,3	5	2	5
Необходимость в установке библиотек	0,2	5	3	3
Надежность	0,1	2	5	4
Итого	1	4,6	3,1	3,7

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется по Формуле 33:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}} \quad (33)$$

, где $I_{\text{исп.}i}$ – интегральный показатель эффективности i -го варианта исполнения разработки;

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности i -го варианта исполнения разработки;

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель i -го варианта исполнения разработки;

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{4,6}{0,846} = 5,44; I_{\text{исп.2}} = \frac{3,1}{1} = 3,1; I_{\text{исп.3}} = \frac{3,7}{0,96} = 3,85;$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта рассчитывается следующим образом (Формула 34):

$$\mathcal{E}_{\text{ср.}i} = \frac{I_{\text{исп.}i}}{I_{\text{исп.}max}} \quad (34)$$

, где $\mathcal{E}_{\text{ср.}i}$ – сравнительная эффективность i -го варианта исполнения разработки;

$I_{\text{исп.}i}$ – интегральный показатель эффективности i -го варианта исполнения разработки;

$I_{\text{исп.}max}$ – наибольший интегральный показатель эффективности из аналогов i -го варианта разработки.

Результаты, полученные после расчетов всех характеристик представлены в Таблице 17.

Таблица 17 – Эффективность разработки

№	Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,85	1,00	0,96
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,60	3,10	3,70
3	Интегральный показатель эффективности	5,44	3,10	3,85

4	Сравнительная эффективность вариантов разработки	1,41	0,57	0,71
---	--	------	------	------

Как видно из таблицы, наибольшей сравнительной эффективностью обладает первый вариант разработки, который и был принят к исполнению в настоящей работе.

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

6.1. Введение

Целью данной работы является разработка программного обеспечения по распознаванию таблиц на изображениях и оценка его точности. Разработанное программное обеспечение может быть использовано, как часть информационной системы или сервиса и представляет из себя программный модуль на языке Python. Целевым рынком, а, следовательно, потенциальными пользователями для данного ПО являются компании, которые используют в бизнес-процессах электронные и бумажные документы.

В данном разделе ВКР рассматриваются вопросы, связанные с соблюдением правовых и организационных вопросов обеспечения безопасности при разработке и использовании описываемого ПО. Так как разработка и использование ПО производится на месте оператора электронной вычислительной машины в офисном помещении, то в данном разделе рассмотрены вредные и опасные факторы которые могут возникнуть при использовании средств вычислительной техники. Также в данном разделе рассмотрены вопросы охраны окружающей среды от негативного воздействия использования ПО и возможные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть.

6.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Регулирование отношений между работником и работодателем, касающихся оплаты труда, трудового распорядка осуществляется законодательством РФ, а именно Трудовым Кодексом РФ [8].

Продолжительность рабочего дня не должна быть меньше указанного времени в договоре, но не больше 40 часов в неделю.

В течение рабочего дня работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Время предоставления

перерыва и его конкретная продолжительность устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка или по соглашению между работником и работодателем. Всем работникам предоставляются выходные дни (еженедельный непрерывный отдых). Организация обязана предоставлять ежегодный отпуск продолжительностью 28 календарных дней.

Организация-работодатель выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы только в случаях, установленных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней, работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя.

6.2.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы за персональным компьютером (ПК) и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности [15]. Вид трудовой деятельности на ПК в рамках данной работы относится к группе В – творческая работа в режиме диалога с ПК, категория трудовой деятельности – III (до 6 часов непосредственной работы на ПК).

В соответствии с государственными стандартами и правовыми нормами обеспечения безопасности предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, которая предусматривает:

- Установление перерывов по 10-15 мин. каждые 45-60 мин. непрерывной работы за ПК;
- Продолжительность непрерывной работы за ПК без регламентированного перерыва не должна превышать 1 часа;
- Суммарная продолжительность перерывов для 8-часовой рабочей смены составляет 90 мин.

6.2.2. Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны

Требования к эргономике, безопасности и техническим санитарным нормам должны быть учтены при организации рабочего места с ЭВМ.

Ниже приведены основные требования к рабочему месту пользователя согласно ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ [10]:

- Используемая рабочая мебель должна обеспечивать своей конструкцией индивидуальную регулировку в соответствии с ростом пользователя и должна обеспечивать удобную позу для работы;
- Стол пользователя должен быть поднят относительно пола на 680мм;
- Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения [13]
- Дисплей ЭВМ должен располагаться в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ относительно нормальной линии взгляда, в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ относительно сагиттальной плоскости.

6.3. Производственная безопасность

Вредные и опасные факторы, воздействующие на сотрудника, устанавливаются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [11]. Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке и эксплуатации программного обеспечения представлены в Таблице 18.

Таблица 18 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этап работ		Нормативные документы
	Разработка	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата в помещении	+	+	Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. ГОСТ 30494-2011 [12]

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	Естественное и искусственное освещение. СП 51.13330.2011 [13]
3. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	+	Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности. ГОСТ Р 50948-2001 [9]
4. Перенапряжение зрительных анализаторов	+	-	
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека	+	+	Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. ГОСТ 12.1.038-82 [14]

6.3.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов

6.3.1.1. Отклонение показателей микроклимата

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных, которые должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Оптимальные нормы микроклимата помещений, в которых люди заняты умственным трудом, учебой (категория 2) представлены в Таблице 19, допустимые – в Таблице 20.

Таблица 19 – Оптимальные нормы микроклимата помещений

Период года	Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха не более, м/с
Холодный	19-21	30-45	0,2
Теплый	23-25	30-60	0,15

Таблица 20 – Допустимые нормы микроклимата помещений

Период года	Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха не более, м/с
Холодный	18-23	Не более 60	0,3
Теплый	18-28	Не более 65	0,25

6.3.1.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

На время проектирования, а также эксплуатации программного обеспечения за персональным компьютером к негативным факторам можно отнести повышенные уровни излучения, а также увеличенную нагрузку на зрительные органы.

Недостаточная освещенность рабочей зоны – вредный производственный фактор, который регламентируется СП 52.13330.2011. В рабочем помещении должны присутствовать естественное и искусственное освещение. Коэффициент естественного освещения должен быть не менее 1,2%. Освещенность на поверхности рабочего стола в зоне размещения документа должна быть 300 –500 лк, что может достигаться установкой местного освещения, не создающего бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна превышать 300 лк. Для источников искусственного освещения следует применять люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). Коэффициент пульсации при работе с компьютером не должен превышать 5%

6.3.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений

В Таблице 21 представлены временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых ЭВМ на рабочих местах согласно ГОСТ Р 50948-2001.

Таблица 21 – Временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемые ЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		Временные допустимые уровни электромагнитных полей
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц - 2кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц - 2кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл

6.3.1.4. Перенапряжение зрительных анализаторов

При работе за ПК оператор читает текст в прямом свете, его глаза смотрят на источник света. При работе за дисплеем возникает следующая проблема: экран имеет высокую фоновую яркость, при ее понижении уменьшается контрастность изображения, что создает проблему для считывания информации. Поэтому пользователю приходится повышать яркость, что приводит к увеличению интенсивности вредных излучений и к утомлению глаз.

Чтобы снизить зрительное напряжение нужно соблюдать визуальные параметры экрана из ГОСТ Р 50948-2001, приведенные в Таблице 22.

Таблица 22 – Допустимые визуальные параметры устройств отображения информации

Параметр	Допустимые значения
1. Яркость белого поля	Не менее 20 кд/кв.м
2. Неравномерность яркости рабочего поля	Не более +/-20%
3. Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3:1

4. Пространственная нестабильность изображения (непреднамеренные изменения положения фрагментов изображения на экране)	Не более $2 \cdot 10^{-4}L$, где L – проектное расстояние наблюдения, мм
5. Ширина контура знака	от 0,25 до 0,5 мм

6.3.1.5. Опасность поражения электрическим током

Поражение электрическим током является опасным производственным фактором и, поскольку специалист имеет дело с электрооборудованием, то вопросам электробезопасности на его рабочем месте должно уделяться особое внимание.

Опасность поражения человека электрическим током оценивается величиной тока I (А), проходящего через его тело, или напряжением прикосновения U (В). Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от рода и величины напряжения тока, частоты электрического тока, пути тока через тело человека, продолжительности его воздействия на организм человека, а также условий внешней среды.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 [14] на рабочем месте с ЭВМ допускаются уровни напряжений прикосновения и токов, представленные в Таблице 23.

Таблица 23 – Предельно допустимые напряжения прикосновения и токи

Род тока	U, В	I, mA
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Значения напряжения прикосновения и токов приведены при продолжительности воздействия не более 10 минут в сутки.

Перед началом работы с ЭВМ необходимо убедиться в отсутствии оголенных токоведущих частей и в надежности выключателей и розеток. Все токоведущие части также должны быть защищены от случайных прикосновений. Также важным является заземление корпуса устройства. Питание устройства должно осуществляться от силового щита через автоматический предохранитель, который срабатывает при коротком замыкании нагрузки. Для снижения величин возникающих разрядов целесообразно применение покрытия из антистатического материала.

6.3.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействий

Для обеспечения установленных норм микроклимата периодически должен вестись контроль влажности воздуха. В летнее время года должны использоваться системы кондиционирования. В холодное время года предусматривается использование систем центрального отопления.

Для соответствия нормам освещения рабочее помещение должно иметь естественное и искусственное освещение. Для рассеивания естественного освещения следует использовать жалюзи на окнах рабочих помещений. В качестве источников искусственного освещения должны быть использованы люминесцентные лампы, лампы накаливания – для местного освещения.

Учитывая опасность электромагнитного излучения, следует соблюдать соответствующие меры безопасности при работе с ЭВМ:

- Необходимо находиться на безопасном расстоянии во время длительных работ с ЭВМ, оно составляет 30 см;
- Важно сокращать время воздействия излучения;
- Необходимо отключать ЭВМ после завершения рабочего дня.

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током относятся:

- Заземление корпусов ЭВМ;
- При включенном сетевом напряжении работы на задней панели корпуса приборов должны быть запрещены;

- Все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- Необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

6.4. Экологическая безопасность

В ходе разработки и использования ПО не происходит никаких вредных и опасных выбросов в атмосферу и гидросферу, следовательно, загрязнение воздуха и воды не происходит.

Анализ воздействия на литосферу сводится к обычному бытовому мусору и отбросам жизнедеятельности человека. В случае выхода из строя ПК, он списывается и отправляется на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих.

Особое внимание необходимо уделить вышедшим из эксплуатации люминесцентным лампам. Каждая такая лампа, кроме стекла и алюминия, содержит около 60 мг ртути, а одна разбитая лампа загрязняет ртутью на уровне ПДК 500.000 м. куб. воздуха.

Для минимизации влияния на окружающую среду необходимо утилизировать технику, лампы, батарейки с целью их переработки и извлечения дорогостоящих металлов. Так как офисная работа предусматривает работу с документацией, использованная бумага так же должна утилизироваться.

6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.5.1. Перечень возможных ЧС

Чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при разработке и эксплуатации проектируемого обеспечения:

- Техногенные (взрывы, пожары, обрушение помещений, аварии на системах жизнеобеспечения);
- Природные (наводнения, ураганы, бури, природные пожары);
- Биологические (эпидемии, пандемии);

- Антропогенные (война, терроризм).

Так как в современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем, в непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода и кабели, при протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты, при этом возможно оплавление изоляции и возникновение возгорания, то наиболее вероятной чрезвычайно ситуацией для офиса, оснащенного персональными электронно-вычислительными машинами, является пожар.

6.5.2. Меры по предупреждению и ликвидации наиболее вероятной ЧС

Основными причинами пожара являются: короткое замыкание, перегрузка сети, большое переходное сопротивление, искрение и т.д. Для предупреждения пожаров и аварий от короткого замыкания, перегрузок сети, больших переходных сопротивлений необходим правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей и электроустановок в зависимости от взрывопожарной опасности участков и зон, в которых установлено электрооборудование.

Основные средства тушения пожара:

- Вода (не применима для тушения электроустановок под напряжением, как в данном случае);
- Углекислый снег. Применяется для тушения электроустановок под напряжением, пожаров в закрытых помещениях и на открытых площадках при небольших размерах очага горения.;
- Пена. Применяется в основном для тушения горючих жидкостей;
- Порошковые средства. Порошки являются единственными средствами тушения щелочных металлов и соединений;

Помещение должно быть в обязательном порядке оборудовано ручными средствами пожаротушения, такими как оборудование противопожарных щитов, пожарные краны и ручные огнетушители. Каждый сотрудник

организации должен быть ознакомлен с инструкцией по пожарной безопасности, пройти инструктаж по технике безопасности и строго соблюдать его.

6.6. Выводы по разделу

В результате выполнения в рамках ВКР раздела «Социальная ответственность» были рассмотрены правовые и организационные вопросы по охране труда, проанализированы вредные и опасные факторы, влияющие на исполнителя. Были предложены мероприятия по снижению воздействия данных факторов, а также проанализировано влияние результата научно-исследовательской работы на экологию. В том числе в рамках написания раздела были рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и проанализирована наиболее вероятная из них.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы было разработано программное обеспечение по распознаванию таблиц на изображениях документов и оценена его точность. Другими словами, цель работы была достигнута, задачи выполнены.

В рамках данной работы были изучены другие научные работы по теме распознавания таблиц и на их основе был реализован алгоритм распознавания. В кратком изложении он состоит из предобработки исходного изображения, детекции таблиц, разбиения их на ячейки и распознавания текста в ячейках.

На этапе предобработки были изучены и реализованы алгоритмы морфологического наращивания и эрозии с целью избавления исходного изображения от шумов. Для поворота изображения было реализовано дискретное преобразование Фурье функции от двух аргументов. На этапе детекции таблицы были использованы методы машинного зрения, а именно предобученная каскадная нейронная сеть CascadeTabNet из одноименной научной работы. На этапе разбиения таблицы на ячейки был изучен и реализован алгоритм Хафа для вертикальных и горизонтальных линий. Распознавание текста производилось при помощи нейронной сети оптического распознавания символов Tesseract.

Для оценки точности реализованного алгоритма была размечена выборка из реальных документов. В качестве инструмента оценки была использована метрика TEDS в совокупности с расстоянием Левенштейна. Анализ результатов тестирования показал, что слабым местом алгоритма является сеть детекции таблиц на изображении.

Так как область машинного зрения развивается очень быстро, то в дальнейшем планируется изучить новые подходы к распознаванию документов и доработать алгоритм детекции таблиц, что повысит точность работы реализованного программного обеспечения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. КонтурEDI, Электронный документооборот для ритейла: сайт. – URL: <https://kontur.ru/edi> (дата обращения: 31.05.2021). – Текст: электронный.
2. Prasad, D. CascadeTabNet: An approach for end to end table detection and structure recognition from image-based documents / D. Prasad, A. Gadpal, K. Kapadni [et al.]. - Text: digital // 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). – Seattle, 2020. - P. 564-580. - URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2004/2004.12629.pdf#cite.wang2019deep> (date of access: 31.05.2021).
3. Jingdong, W. Deep High-Resolution Representation Learning for Visual Recognition / W. Jingdong, S. Ke, C. Tianheng [et al.]. - Text: digital // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2019. - №5. - P. 583-597. - URL: <https://arxiv.org/pdf/1908.07919.pdf> (date of access: 31.05.2021).
4. Ткешелашвили, Н.М. Метод распознавания структуры таблицы в электронных табличных документах / Н.М. Ткешелашвили, С.В. Клименков, А.М. Дергачев. - Текст: электронный // Программные продукты и системы. – 2016. - №4. - С. 107-112. - URL: <http://swwsys.ru/index.php?page=article&id=4225> (дата обращения: 31.05.2021).
5. Xu, Z. Image-based table recognition: data, model, and evaluation / Z. Xu, E. ShafieiBavani, A.J. Yepes. - Text: digital // ECCV 2020: Computer Vision – ECCV 2020. – Glasgow, 2020. - P. 564-580. - URL: <https://arxiv.org/pdf/1911.10683.pdf> (date of access: 31.05.2021).
6. О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы: Постановление Правительства Российской Федерации от 01.01.2002 № 1. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808053> (дата обращения: 31.05.2021). – Текст: электронный.

7. Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету "Учет основных средств" ПБУ 6/01: Приказ Министерства Финансов Российской Федерации от 30.03.2001 № 26н. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901784528> (дата обращения: 31.05.2021). – Текст: электронный.
8. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон №197-ФЗ: [принят Государственной Думой 21 декабря 2001 года]. – Москва, 2021. – 240 с. – ISBN 978-5-4374-1502-3
9. ГОСТ Р 50948-2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности: дата введения 2002-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200028904> (дата обращения: 31.05.2021). – Текст: электронный.
- 10.ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения: 31.05.2021). – Текст: электронный.
- 11.ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 2017-03-11. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 31.05.2021). – Текст: электронный
- 12.ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: дата введения 2013-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095053> (дата обращения: 31.05.2021). – Текст: электронный.
- 13.СП 51.13330.2016. Свод правил. Естественное и искусственное освещение: Актуализированная редакция СНиП 23-05-95: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 07.11.2016 №777: введен 08.05.2017. – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 31.05.2021). –

Текст: электронный.

14.ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов: дата введения 1983-07-01. –

URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200313> (дата обращения: 31.05.2021). –

Текст: электронный

15.МР 2.2.9.2311-07. Методические рекомендации. Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности: утвержден главным государственным санитарным врачом Российской Федерации от 18.12.2007: введен 18.03.2008. – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/1200072234> (дата обращения: 31.05.2021). –

Текст: электронный.

Приложение А (обязательное)

Таблица А.1 – Таблица временных показателей проведения научного исследования

Наименование работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, Т _{рi}			Длительность работ в календарных днях, Т _{кi}		
	t _{min} , чел.-дни			t _{max} , чел.-дни			t _{ож} , чел.-дни				В1	В2	В3	В1	В2	В3
	В1	В2	В3	В1	В2	В3	В1	В2	В3							
Выбор научного руководителя бакалаврской работы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	С	1,8	1,8	1,8	2,196	2,196	2,196
Составление и утверждение темы бакалаврской работы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	С, Р	0,9	0,9	0,9	1,098	1,098	1,098
Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Р	1,8	1,8	1,8	2,196	2,196	2,196
Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	5	5	5	10	10	10	7	7	7	С	7	7	7	8,54	8,54	8,54
Анализ предметной области	5	5	5	10	10	10	7	7	7	С	7	7	7	8,54	8,54	8,54
Проектирование ПО	5	10	10	10	15	15	7	12	12	С	7	12	12	8,54	14,64	14,64
Разработка ПО	20	25	25	30	35	35	24	29	29	С	24	29	29	29,28	35,38	35,38
Тестирование ПО и оценка точности	20	30	25	30	35	30	24	32	27	С	24	32	27	29,28	39,04	32,94
Согласование выполненной работы с научным руководителем	2	2	2	5	5	5	3,2	3,2	3,2	С, Р	1,6	1,6	1,6	1,952	1,952	1,952
Выполнение других частей работы (социальная ответственность, финансовый менеджмент)	10	10	10	14	14	14	11,6	11,6	11,6	С	11,6	11,6	11,6	14,152	14,152	14,152
Подведение итогов, оформление работы	5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	С, Р	2,9	2,9	2,9	3,538	3,538	3,538
											Итого:	С	107,1	129,0	122,9	
												Р	7,2	8,8	8,8	

Приложение Б (обязательное)

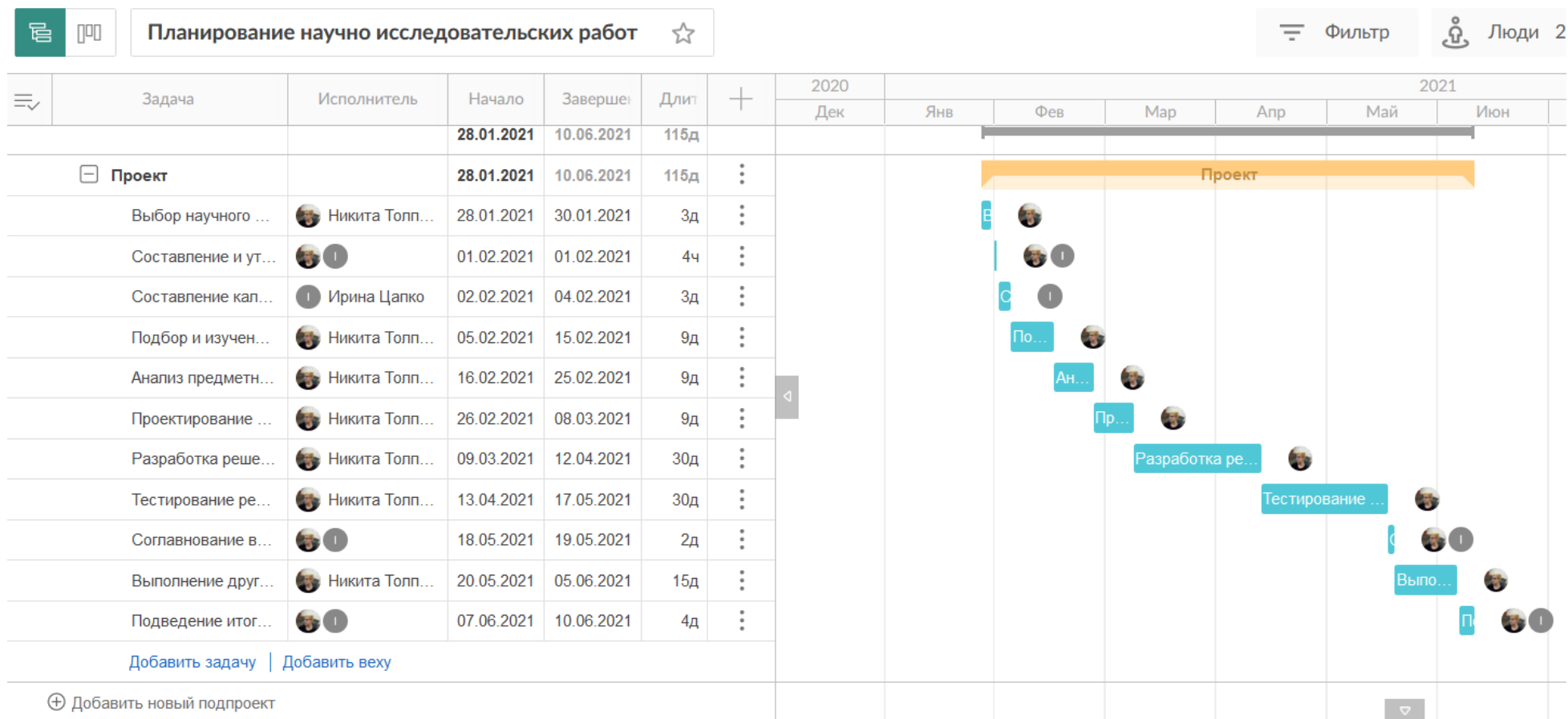


Рисунок Б.1 – Календарный план-график проведения работ (диаграмма Ганта)